



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD INGENIERIA

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Evaluación de la calidad del aceite vegetal utilizado en frituras sucesivas
de papa tipo francesa**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Guaylla Quishpi, Alisson Ranshel

Guilcapi Santillan, Alina Camila

Tutor:

Ing. Cristian Javier Patiño Vidal. PhD

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Alisson Ranshel Guaylla Quishpi y Alina Camila Guilcapi Santillan con cédula de ciudadanía 060514330-4, autor(s) del trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ACEITE VEGETAL UTILIZADO EN FRITURAS SUCESIVAS DE PAPA TIPO FRANCESA”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 30 de enero de 2025.



Alisson Ranshel Guaylla Quishpi
C.I: 0605384411



Alina Camila Guilcapi Santillan
C.I:0605143304

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Cristian Javier Patiño Vidal catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “Evaluación de la calidad del aceite vegetal utilizado en frituras sucesivas de papa tipo francesa”, bajo la autoría Alisson Ranshel Guaylla Quishpi y Alina Camila Guilcapi Santillan; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 30 días del mes de enero de 2025




Cristian Javier Patiño Vidal
C.I: 1003967153

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

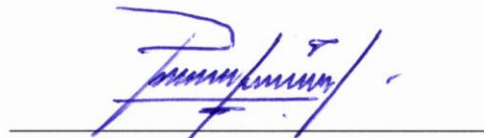
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Evaluación de la calidad del aceite vegetal utilizado en frituras sucesivas de papa tipo francesa”, presentado por Alisson Ranshel Guaylla Quishpi y Alina Camila Guilcapi Santillan, con cédula de identidad número 0605384411, 0605143304, bajo la tutoría del Ing. Cristian Javier Patiño Vidal; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 30 de enero de 2025.

Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Paul Stalin Ricaurte Ortiz, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Diana Estefanía Yáñez Sevilla, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **Alisson Ranshel Guaylla Quishpi** con CC: **0605384411** y **Alina Camila Guilcapi Santillan** con CC: **0605143304**, estudiante de la Carrera **Agroindustria**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Evaluación de la calidad del aceite vegetal utilizado en frituras sucesivas de papa tipo francesa**", cumple con el 8 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 20 de enero de 2025



CRISTIAN JAVIER
PATIÑO VIDAL

Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.
TUTOR

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a Dios y a mi familia quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional me enseñaron el valor de la perseverancia para lograr una meta más. A cada una de las personas que ha contribuido en este largo camino, mi más profundo agradecimiento.

Esta tesis es el resultado de su amor y apoyo inquebrantable

Alisson Guaylla

El presente trabajo de investigación dedico a Dios, quien me ha dado la vida y me acompañado en el transcurso de mi formación académica.

A mis padres, por su amor incondicional y su apoyo constante en cada paso de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigas, por su compañía y por hacer de este viaje una experiencia inolvidable.

A mis docentes por su guía y sabiduría, que han sido fundamentales en mi formación académica y personal.

Y, finalmente, a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron en este proceso.

Alina Guilcapi

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y la perseverancia para culminar una etapa más en mi vida.

A mis padres, quienes, con su amor, apoyo incondicional y consejos han sido mi mayor inspiración gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Esta tesis es tan mía como de ustedes.

A Diego, Jenny, Xavier, por estar siempre a mi lado, por sus palabras de aliento y por creer en mi incluso en los momentos más difíciles. Su compañía y confianza han sido una fuente invaluable de motivación.

A mis amigas, por su amistad sincera. Gracias por los momentos de alegría, por los momentos que convivimos día tras día que han alegrado toda nuestra etapa universitaria.

Alisson Guaylla

Agradezco a Dios por su gran amor y compañía.

A mis padres a los cuales les agradezco mucho por todo lo que han hecho y siguen haciendo por mí. A pesar de mis errores y tropiezos, siempre estuvieron ahí, apoyándome incondicionalmente y creyendo en mí. Su amor y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Carrera de Agroindustria por haberme permitido formarme en ella y gracias a los docentes quienes fueron partícipes de este proceso.

A mi tutor, Ing. Cristian Javier Patiño, que con su sabia orientación supo encaminarme de manera eficaz en el desarrollo de la investigación

A Lenin y Alisson agradezco su amor, amistad, compañía, cariño y confianza. Desde el principio no dejaron que me rindiera y siempre estuvieron ahí para levantarme y motivarme a seguir adelante.

Alina Guilcapi

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Problema	15
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 MARCO REFERENCIAL	17
2.2 MARCO TEORICO	18
2.2.1 Aceites vegetales.....	18
2.2.2 Fritura.....	18
2.2.3 Proceso de fritura	19
2.2.4 Sistemas de fritura.....	19
2.2.5 Tipos de aceites producidos en Ecuador	20
2.2.6 Cambios físicos y químicos en aceite de fritura.....	21
2.2.7 Métodos de análisis de calidad de los aceites vegetales	23
2.2.8 Tipos de aceites producidos en Ecuador	23
2.2.9 Normativa.....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	26
3.1 Tipo de Investigación.....	26
3.2 Diseño de Investigación	26
3.3 Técnicas de recolección de Datos	26

3.4	Población de estudio y tamaño de muestra.	27
3.5	Métodos de análisis.	27
3.5.1	Determinación del índice de peróxido	27
3.5.2	Determinación de acidez libre.....	27
3.5.3	Determinación del índice de yodo.....	28
3.5.4	Determinación del índice de saponificación	29
3.5.5	Determinación de densidad relativa	29
3.6	Procesamiento de datos.	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		31
4.1	Obtención de las papas fritas.....	31
4.2	Índice de peróxido.....	31
4.3	Acidez libre	33
4.4	Índice de yodo	34
4.5	Índice de saponificación.....	35
4.6	Densidad relativa.....	36
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		39
6.	BIBLIOGRAFIA	40
7.	ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos del aceite comestible de palma africana-oleína	24
Tabla 2 Especificaciones del aceite de girasol	24
Tabla 3 Dimensiones del corte transversal	24
Tabla 4 Características químicas y físicas del aceite comestible de palma	25
Tabla 5 Características químicas y físicas del aceite comestible de girasol.....	25
Tabla 6 Determinación del índice de peróxidos del aceite de palma y girasol	32
Tabla 7 Determinación del índice de acidez del aceite de palma y girasol	33
Tabla 8 Determinación del índice de yodo del aceite de palma y girasol	34
Tabla 9 Determinación del índice de saponificación en el aceite de palma y girasol	35
Tabla 10 Determinación de la densidad relativa en el aceite de palma y girasol	36
Tabla 11 Comparación de los resultados del aceite comestible de palma con la normativa nacional e internacional	37
Tabla 12 Comparación de los resultados del aceite comestible de girasol con la normativa nacional e internacional.....	38
Tabla 13. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite vegetal de palma utilizado en la primera producción de papas fritas.....	45
Tabla 14. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de palma utilizado en la segunda producción de papas fritas.....	46
Tabla 15. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de palma utilizado en la tercera producción de papas fritas.....	47
Tabla 16. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de girasol utilizado en la primera producción de papas fritas.....	48
Tabla 17. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de girasol utilizado en la segunda producción de papas fritas.....	49
Tabla 18. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de girasol utilizado en la tercera producción de papas fritas.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Corte y tamaño de papas.....	31
Figura 2 Obtención de papas tipo francesa.....	31
Figura 3. Representación gráfica del índice de peróxido.....	51
Figura 4. Representación gráfica de la acidez libre.....	51
Figura 5. Representación gráfica del índice de yodo.....	52
Figura 4. Representación gráfica de la acidez libre.....	52
Figura 7. Representación gráfica de densidad relativa.....	53
Figura 8.Toma de temperatura y peso de las papas tipo francesa.....	54
Figura 9. Fritura profunda y almacenamiento de las muestras a analizar.....	54
Figura 10. Peso del picnómetro vacío.....	54
Figura 11. peso del picnómetro con agua.....	54
Figura 12. Peso del picnómetro con la muestra del aceite de palma.....	55
Figura 13. Peso del picnómetro con la muestra del aceite de girasol.....	55
Figura 14. Acidez libre del aceite vegetal de palma.....	55
Figura 15. Acidez libre del aceite de girasol.....	55
Figura 16. Índice de saponificación del aceite vegetal de palma y girasol.....	56
Figura 17. Índice de yodo del aceite vegetal de palma y girasol.....	56
Figura 18. Índice de peróxido del aceite vegetal de palma.....	56
Figura 19. índice de peróxido del aceite vegetal de girasol.....	56

RESUMEN

El proceso de fritura de los aceites vegetales promueve la modificación de las propiedades fisicoquímicas del alimento, lo cual a su vez favorece el deterioro de su calidad debido a la formación de compuestos polares, peróxidos e hidroperóxidos, aldehídos, cetonas y ácidos grasos libres. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del aceite vegetal de palma y girasol utilizado en frituras sucesivas de papa tipo francesa. La investigación abordó dos etapas: la obtención de las papas tipo francesa y el análisis fisicoquímico de las muestras de aceite utilizadas para freír el alimento. En la primera etapa, se realizaron tres producciones de papa fritas tipo francesa aplicando un proceso continuo de doce ciclos de fritura profunda. En cada ciclo de fritura se aplicó una temperatura de 170 °C y un tiempo de 10 minutos. Las condiciones de procesamiento permitieron obtener papas completamente cocidas y con una textura crujiente. El aceite utilizado en cada ciclo de fritura fue almacenado en frascos de vidrio ámbar para su posterior análisis. Respecto a la segunda etapa, se evaluaron las siguientes propiedades fisicoquímicas de las muestras de aceites: índice de peróxido, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación y densidad relativa. Estos parámetros fueron seleccionados en base a las normativas NTE INEN 1640:2012, NTE INEN 26:2012 Y CXS 210-2023, las cuales establecen los valores mínimos y máximos necesarios para garantizar la seguridad alimentaria de aceites en los consumidores. Los resultados revelaron que el índice de peróxido y acidez aumentaron significativamente con el incremento de los ciclos de fritura en los dos tipos de aceite. Sin embargo, el índice de yodo, saponificación y la densidad relativa de los alimentos no fueron alterados por el proceso de fritura. En base a estos resultados, se determinó que el aceite comestible de palma puede reutilizarse hasta seis veces y el aceite comestible de girasol puede reutilizarse hasta ocho veces de forma sucesiva durante la fritura de papas fritas tipo francesa para garantizar un consumo seguro debido a que no se han alterado sus propiedades. Los resultados obtenidos en la investigación ayudaran a que los consumidores puedan tomar en cuenta hasta que ciclo de fritura se puede reutilizar el aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol, además el consumir aceites degradados trae como consecuencias enfermedades como obesidad, diabetes, entre otros y con esta investigación ayudamos a los consumidores a prevenir afecciones a su salud.

Palabras claves: aceites comestibles, índice de peróxido, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, densidad.

ABSTRACT

The frying process of vegetable oils promotes the modification of the physicochemical properties of the food, which favors the deterioration of its quality due to the formation of polar compounds, peroxides and hydroperoxides, aldehydes, ketones and free fatty acids. The aim of this work was to evaluate the quality of palm and sunflower vegetable oil used in successive frying of French fries. The research involved two stages: obtaining the French type potatoes and the physicochemical analysis of the oil samples used to fry the food. In the first stage, three productions of French fries were made by applying a continuous process of twelve deep frying cycles. In each frying cycle, a temperature of 170 °C and a time of 10 minutes were applied. The processing conditions resulted in fully cooked potatoes with a crispy texture. The oil used in each frying cycle was stored in amber glass jars for later analysis. For the second stage, the following physicochemical properties of the oil samples were evaluated: peroxide value, acidity value, iodine value, saponification value and relative density. These parameters were selected based on NTE INEN 1640:2012, NTE INEN 26:2012 and CXS 210-2023, which establish the minimum and maximum values necessary to guarantee the food safety of oils for consumers. The results revealed that the peroxide and acidity index increased significantly with increasing frying cycles in the two types of oil. However, the iodine value, saponification and relative food density were not altered by the frying process. Based on these results, it was determined that palm oil can be reused up to six times and sunflower oil can be reused up to eight times in succession during the frying of French fries to ensure safe consumption because its properties have not been altered. The results obtained in this research will help consumers to take into account up to which frying cycle palm oil and sunflower oil can be reused, in addition, the consumption of degraded oils brings as a consequence disease such as obesity, diabetes, among others, and with this research we help consumers to prevent health affections.

Keywords: edible oils, peroxide value, acidity index, iodine value, saponification index, density.



Reviewed by:

Mgs. Edison Salazar Calderón.

ENGLISH PROFESSOR

I.D. 0603184698

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Según la Constitución de La República Del Ecuador (2008), Título VI, Capítulo tercero sobre soberanía alimentaria se menciona que “la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos”, y en el artículo 281 menciona que será responsabilidad del estado “prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos”. En base a esta ley, las organizaciones grandes o pequeñas dedicadas a la producción de productos de consumo humano están obligadas a cumplir con los requisitos que garanticen un producto inocuo al consumidor.

El consumo de alimentos fritos, como empanadas, snack, papas fritas y productos elaborados con grasas saturadas, puede provocar graves problemas de la salud en las personas. Estos alimentos, al ser sometidos a altas temperaturas, pueden generar compuestos nocivos como la acrilamida y grasas trans, que están asociados con enfermedades cardiovasculares (Valdés, 2021). Además, el uso repetido del aceite en el proceso de fritura puede aumentar la concentración de estos compuestos tóxicos. Por esta razón, es fundamental que las organizaciones dedicadas a la producción de alimentos cumplan con los requisitos establecidos en la Constitución de la República del Ecuador para garantizar la inocuidad de los productos y salvaguardar la soberanía alimentaria (Torres, 2021).

La producción de aceites y grasas empieza por la extracción de los lípidos de la materia prima tales como: frutos secos, semillas o una fruta como las aceitunas. Primero, ocurre el prensado mecánico de la materia prima y la extracción se promueve con disolventes o la esterilización en autoclave del producto natural. A continuación, los aceites y grasas obtenidas suelen pasar por procesos de purificación para ajustar sus propiedades fisicoquímicas a los valores determinados en la normativa (Valenzuela B & Morgado T, 2005).

Según Valenzuela & Morgado (2005), uno de los procesos indispensables aplicados a los aceites y grasas para obtener productos comestibles es el refinado. Hasta finales del siglo XIX, el aceite se obtenía por sedimentación. Actualmente, la mayoría de los aceites y grasas destinados al consumo humano se someten a un refinado químico y/o físico.

La eliminación de las impurezas es la principal razón por la que se refinan los aceites y las grasas. El aceite crudo contiene impurezas, como ácidos grasos libres que causan rancidez y afectan negativamente el sabor y la estabilidad del aceite, mono y diglicéridos que afectan la textura, pigmentos que modifican el color del aceite vegetal, metales que catalizan las reacciones de oxidación y aceleran la degradación del aceite, tocoferoles que en cantidades excesivas modifican el sabor, y ceras que causan turbidez y afectan la claridad del aceite. Los productos químicos usados en el proceso de extracción también pueden dejar disolventes y sedimentos que afectan negativamente al olor y el sabor del producto. Por lo

tanto, el proceso de refinado tiene como objetivo mejorar el aspecto, el olor, el sabor de los aceites mediante la eliminación de los componentes que afectan a la calidad del aceite o grasa (Toledo, n.d.).

El proceso de refinamiento del aceite vegetal comestible inicia con el desgomado que puede ser enzimático o químico, y ayuda a eliminar las impurezas coloidales. Luego ocurre la desacidificación para neutralizar los ácidos grasos libres, y el lavado para eliminar las sustancias alcalinas residuales. Posteriormente, el alimento se decolora para mejorar su apariencia, se desodoriza para eliminar compuestos volátiles, carotenoides y ácidos grasos libres indeseables, y se filtra para eliminar partículas presentes. Finalmente, el aceite comestible es refinado. Además, las etapas del procesamiento del refinado del aceite dependen de la calidad inicial del aceite crudo disponible (Sacome, 2017).

Según Durán et al. (2015), los aceites han sido utilizados por los humanos desde épocas ancestrales como parte de su alimentación y como combustibles, los aceites son productos de origen vegetal y animal, cuyos componentes principales son triésteres de ácidos grasos y el glicerol y se les denomina como “triglicéridos”, el aceite está formado por un solo tipo de triglicérido, o por la mezcla de triglicéridos. Si esta mezcla es sólida, o de consistencia pastosa, a una temperatura ambiente se trata de una “grasa”. Por el contrario, si es líquida a temperatura ambiente, es un “aceite”.

Los aceites vegetales que se consumen en estado oxidado debido a la exposición por calor se asocian de forma positiva con el riesgo de hipertensión. Los aceites vegetales también están expuestos al aire y la humedad, en el que se someten a una serie compleja de deterioro físico y químico conocido como “la oxidación de lípidos”, la generación de compuestos polares y productos poliméricos también disminuye el contenido de vitamina E8. Estos productos de oxidación son perjudiciales para el endotelio vascular. Por otro lado, es común en la fritura reutilizar los aceites vegetales para reducir los costos, pero no es recomendable freír sucesivamente (Durán et al., 2015).

1.2 Problema

La reutilización de aceites vegetales en la fritura sucesiva de papas tipo francesa es una práctica común tanto en el ámbito doméstico como en la industria alimentaria. Sin embargo, el aceite reutilizado puede llevar a la degradación de sus propiedades fisicoquímicas, afectando no solo a la calidad organoléptica del alimento frito, sino también la salud del consumidor. El uso repetido de aceite vegetal comestible genera compuesto tóxicos como son los aldehídos y ácidos grasos trans, los cuales están conjuntamente asociados con diversas enfermedades. Entre las afecciones más frecuentes se encuentran las enfermedades hepáticas, cardíacas, trastornos neuronales. Además, el consumo de aceites reusados contribuye al desarrollo de problemas metabólicos y degenerativos, entre los cuales se encuentra la artritis, problemas de colón y la degeneración macular (Cruz, 2024).

1.3 Justificación

Esta investigación busca evaluar, la reutilización del aceite comestible de palma y girasol usado en frituras sucesivas de papas tipo francesa y evaluar sus propiedades fisicoquímicas. Además, determinar el número máximo de fritura para poder garantizar la calidad y seguridad del aceite para el consumo humano.

La fritura profunda es uno de los procesos más dinámicos en el procesamiento de alimentos.

Esta técnica consiste en sumergir un alimento en una gran cantidad de aceite o grasa, que normalmente se repone y se reutiliza varias veces antes de ser eliminado. En consecuencia, existe la necesidad de analizar el cambio fisicoquímico del aceite en función de la temperatura durante el proceso de fritura de los alimentos, ya que se produce la oxidación de las cadenas cortas de ácidos grasos formados a través de la degradación térmica de los lípidos hidroperóxidos.

A lo largo del tiempo se ha originado una gran preocupación por conocer la calidad del aceite que se reutiliza en el hogar y en la industria alimentaria dado que la reutilización del aceite vegetal afecta a la salud de los consumidores debido a la formación de compuestos tóxicos. Durante la fritura, el aceite sufre degradación térmica y oxidativa, lo que da lugar a la formación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los ácidos grasos trans. Estos compuestos tienen un alto potencial carcinógeno y pueden contribuir al desarrollo de enfermedades hepáticas y cardíacas. Por otra parte, la presencia de radicales libres durante la fritura del alimento aumenta el riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer y enfermedades cardiovasculares, problemas digestivos y pérdida de nutrientes del alimento que se fríe (Fweja, 2019).

1.4 Objetivos

General

- Evaluar la calidad del aceite vegetal utilizado en frituras sucesivas de papa tipo francesa.

Específicos

- Obtener papas tipo francesa a partir de la especie *Solanum tuberosum*.
- Establecer las condiciones de tiempo y temperatura para el proceso de frituras sucesivas de papas tipo francesa utilizando aceite vegetal de palma y girasol.
- Evaluar la calidad del aceite vegetal mediante la determinación de sus propiedades fisicoquímicas.
- Seleccionar el número máximo de frituras que resiste el aceite vegetal de palma y girasol.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO REFERENCIAL.

Según Vázquez-Carrillo et al. (2016), la papa super chola (*Solanum tuberosum L*) presenta un contenido de materia seca del 22%. Los autores mencionaron que un mayor contenido de materia seca está asociado con un mayor contenido de almidón, lo que es beneficioso para la producción de alimentos procesados como las papas fritas. Además, los azúcares reductores de esta papa pueden variar, pero generalmente se encuentran en un rango de 0,5% a 2% del peso fresco del tubérculo. Estos azúcares reductores son importantes porque influyen en el color y sabor de los productos procesados, especialmente durante la fritura. En este punto, la formación del color marrón es debido a la reacción de Maillard. Por lo tanto, estas características hacen que la papa super chola sea adecuada tanto para el consumo fresco como para la industria de alimentos procesados.

En un trabajo de tesis basada en el análisis de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír papa sabanera tipo francesa se mencionó que la obtención de papas fritas de calidad óptima podría ocurrir con una temperatura de 170° C. Este rango de temperatura permitió que las papas se cocinen uniformemente, logrando una textura crujiente por fuera y suave por dentro. Además, esta temperatura fue crucial para evitar que las papas absorban demasiado aceite (Arango, 2014).

En 2014, se llevó a cabo una investigación en Venezuela sobre la cuantificación del deterioro de aceites vegetales utilizados en procesos de fritura en establecimientos del Municipio Liberador del Estado de Mérida. Este estudio evaluó parámetros fisicoquímicos de los aceites, y los autores señalaron que las altas temperaturas durante el proceso de fritura provocaron el deterioro de los aceites y la formación de ácidos grasos libres. Estos cambios afectaron la viscosidad, el color y la formación de espuma del aceite (Rivera, et al., 2014). En este punto, la evaluación de la calidad del aceite se centró en la determinación del índice de acidez como uno de los parámetros de control más usado en la industria alimentaria (Arango, 2014).

Según Pilco (2021), en su investigación concluyeron que las muestras de los aceites vegetales usados para fritura de papas, en los negocios de comida rápida de las parroquias Lizarzaburu, Veloz y Yaruquies de la ciudad de Riobamba no presentaron una buena calidad satisfactoria en los parámetros fisicoquímicos de acuerdo con las normas del Codex Alimentarius, norma ecuatoriana NTE INEN y la norma mexicana NMX. Los resultados de los análisis demostraron que el consumo de los alimentos fritos fueron un riesgo para la salud de los consumidores. Estos productos presentaron deterioro de sus propiedades y fueron foco de contaminación.

Rivera et al. (2014) realizaron una investigación experimental sobre la cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. Los autores determinaron el grado de la alteración de los aceites vegetales usados en los procesos de fritura en los siete

establecimientos estudiados a partir de la variación de sus parámetros físicos y químicos característicos tales como: índice de acidez, índice de peróxidos, humedad y color. El parámetro de control comúnmente aplicado como criterio internacional de descarte de los aceites que son la cantidad de compuestos polares fue mayor al límite máximo permisible en los establecimientos E5, E6 y E7. Por otra parte, el índice de acidez estuvo fuera del límite permisible en dichos establecimientos, de acuerdo con las normas internacionales.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Aceites vegetales

Desde tiempos ancestrales, los seres humanos han utilizado aceites tanto en la alimentación como en combustible. Los aceites pueden ser de origen vegetal o animal y están compuestos principalmente por triglicéridos. Un aceite puede estar compuesto por un único tipo de triglicérido o por una combinación de estos (Durán et al., 2015).

Cuando los aceites de origen vegetal se exponen al aire y la humedad, experimentan un complejo proceso de deterioro físico y químico conocido como oxidación de lipídica. Este proceso genera compuestos polares y productos poliméricos, además de reducir el contenido de vitamina E (Durán et al., 2015).

Los aceites vegetales son productos alimenticios compuestos principalmente por glicéridos de ácidos grasos y obtenidos a partir de fuentes vegetales. Estos compuestos también pueden contener pequeñas cantidades de otros lípidos tales como: fosfátidos, constituyentes insaponificables y ácidos grasos libres (Codex Alimentarius, 1999).

- **Estructura y composición**

Los aceites vegetales están compuestos por ácidos grasos que se dividen en saturados, insaturados y poliinsaturados. Los aceites con mayor proporción de ácidos insaturados son más beneficiosos para la salud cuando se consumen frescos. Sin embargo, al freír alimentos a altas temperaturas, su estabilidad se ve comprometida, generando productos tóxicos, especialmente en los aceites poliinsaturados. Por lo tanto, los aceites más adecuados para freír son aquellos ricos en ácidos grasos monoinsaturados, como el ácido oleico (Tirado et al., 2013).

2.2.2 Fritura

Según Oke et al. (2018), el proceso de fritura consiste en cocinar completamente un alimento sumergiéndolo en grasa previamente calentada a una temperatura muy alta 170 - 185 °C, dependiendo de la naturaleza y el grosor del alimento. Este es un proceso completo en el que los aceites o grasas se calientan a temperaturas elevadas durante largos periodos y en presencia de aire, logrando así preparaciones culinarias doradas y crujientes.

2.2.3 Proceso de fritura

La fritura implica una serie de etapas consecutivas que ocurre al sumergir un alimento en aceite caliente. Durante este proceso, tanto el alimento como el aceite experimenta transformaciones (Montes et al., 2016).

1. Fritura por inmersión

Montes et al. (2016) manifiesta que durante la fritura por inmersión se identifica cuatro etapas. La primera comienza al calentar el aceite durante un tiempo específico hasta alcanzar una temperatura entre 175 y 185 °C. Luego, el alimento se sumerge en el aceite caliente. Lo que provoca el calentamiento de las capas superficiales del alimento debido a la transferencia de calor del aceite. Como resultado, se observa una disminución de la temperatura del aceite. En esta fase, no hay evaporación del agua superficial

En la segunda fase, el agua de la superficie del alimento comienza a evaporarse debido al aumento de la transferencia de calor, y se inicia la formación de una corteza crujiente. El aceite no puede penetrar en el alimento debido a la salida de agua.

En la tercera fase, la temperatura en el centro del alimento aumenta, lo que provoca una mayor pérdida de humedad. Durante esta etapa, ocurren varios cambios, como la gelificación del almidón, el engrosamiento de la corteza superficial y la disminución en la transferencia de calor.

En la cuarta fase, el proceso de fritura concluye, con una mínima transferencia de calor y pérdida de la humedad. La turbulencia del aceite se reduce, y el alimento se vuelve crujiente y dorado, sin burbujas en su superficie.

2. Fritura superficial

En este método, se introduce la superficie del alimento en el aceite, generalmente en sartén o recipientes poco profundos con la cantidad reducida de aceite. La parte del alimento que está sumergida se fríe, mientras que la parte que no está en contacto directo con el aceite se cocina por el vapor intenso que se desprende del propio alimento al calentarse (Oke et al., 2018).

2.2.4 Sistemas de fritura.

1. Fritura continua

Este método de fritura es un proceso de producción altamente automatizado que permite la incorporación continua de alimentos y aceite, manteniendo las condiciones óptimas del proceso. Este tipo de fritura incluye en freído industrial, donde se producen grandes volúmenes de productos. El proceso continuo asegura un suministro constante de alimentos y aceite fresco, con condiciones de fritura no agresivas y un equipo que se controla de manera continua (Flores & Sosa, 2016).

2. Fritura discontinua

Las características de este sistema son notablemente distintas debido a las diferentes condiciones (aireación, relación masa producto/ masa aceite, tiempo, superficie de contacto, entre otros). El proceso discontinuo se distingue por la producción de alimentos fritos según la demanda para consumo inmediato (Asitimbay & Aguilera, 2014).

Las principales diferencias de este proceso en comparación con el continuo son: una mejor regulación de la temperatura y una mayor relación superficie/volumen de grasa. Sin embargo, sus desventajas incluyen el calentamiento repetido del mismo aceite a altas temperaturas y una baja velocidad de reposición de aceite fresco. Además, la degradación del aceite es mucho mayor debido de los ciclos de calentamiento y enfriamiento, así como a los periodos de los que el aceite se calienta sin alimentos. La renovación de aceites es muy lenta, lo que provoca la acumulación del aceite residual cada vez más alterado, que debe ser reemplazado. Estas diferencias podrían explicar, en parte, el alto porcentaje de muestras con niveles elevados de compuestos polares observados en análisis de sistema de fritura discontinua (Singh et al., 2022).

2.2.5 Tipos de aceites producidos en Ecuador

- **Aceite vegetal de palma**

El aceite de palma se obtiene del mesocarpio del fruto de la palma. El aceite de palma presenta un perfil de ácidos grasos (AG) saludable debido a la concentración de los ácidos oleico y linoleico. El color característico del aceite de palma crudo, o aceite de palma rojo (RPO) se debe a la elevada concentración de pigmentos naturales como los carotenoides y, en menor medida, a otros compuestos como licopeno y xantófilas (Gesteiro et al., 2018).

Según García (2020), el aceite de palma a temperatura ambiente es semisólido, puesto que puede conservar los productos cremosos esparcidos. Este compuesto es resistente a la oxidación, proporcionando a los productos una vida útil más larga. El aceite de palma es estable a temperaturas altas, por lo que logra dar una textura crujiente a los productos fritos. Además, este es inodoro e incoloro, de manera que no trastorna el aspecto ni el olor de los alimentos.

- **Características generales del aceite de palma**

García (2020). trata sobre las características generales del aceite de palma indicando lo siguiente:

Los ácidos grasos son extensas cadenas hidrocarbonadas que tienen un grupo carboxilo, y que poseen como fórmula química $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$. Estas moléculas contienen un número par de átomos de carbono, oscilando generalmente entre 12 y 22 átomos. Además, los ácidos grasos pueden estar libres o constituyendo parte de un lípido saponificable (lípido que contiene ácidos grasos).

Los ácidos grasos se clasifican como saturados o insaturados según la presencia o no de dobles enlaces en la cadena hidrocarbonada. Los ácidos grasos saturados son aquellas cadenas hidrocarbonadas sin dobles enlaces,

mientras que los ácidos grasos no saturados son aquellas cadenas con uno o más enlaces dobles.

Los ácidos grasos presentes en el aceite de palma se dividen en dos grandes grupos:

- Ácidos grasos saturados (40 - 48%): son ácidos palmíticos, siendo el más presente de todos con una valoración de (39,3 - 47,5%), esteárico (3,5 - 6%), mirístico (1%) y láurico (inferior al 0,5%).
- Ácidos grasos insaturados: con un valor de (37 - 45%), ácidos oleicos (36 - 44%), palmitoleico y erúcico presentan datos similares inferiores al (0,5%); y como poliinsaturados (9 - 12%), ácidos linoleicos (9 - 12%) y linolénico (inferior al 0,2%).

El aceite de palma es una grasa saturada por su composición próxima al 50% de ácidos grasos saturados, a pesar de ser un aceite de origen vegetal (García, 2020).

- **Aceite vegetal de girasol**

Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 26 (2012), el aceite vegetal de girasol se define como: “el aceite extraído de las semillas del girasol o mirasol (*Helianthus annuus L.*).

El aceite de girasol se clasifica de acuerdo con el estado de procesamiento en aceite crudo y en aceite comestible de girasol. Este aceite es considerado de alta calidad porque presenta un porcentaje bajo de ácidos grasos saturados, alto porcentaje tanto en ácidos grasos insaturados y ácidos grasos esenciales (Guerrero, 2016).

De acuerdo con Velasco & Ruiz (2015), el aceite de girasol pertenece a la familia de ácidos grasos no saturados de cadena larga, en especial aquellos que son esenciales como el ácido linoleico y ácido linolénico. El aceite está compuesto especialmente por triglicéridos que están formados por tres ácidos grasos fusionados a una molécula de glicerol por uniones éster, y por otros compuestos que se encuentran en pequeñas cantidades como fosfolípidos, esteroides, tocoferoles, ceras y ácidos grasos libres, que se pueden encontrar en diferentes cantidades.

2.2.6 Cambios físicos y químicos en aceite de fritura

Algunos de los cambios del aceite y del alimento durante la fritura son esenciales para que el producto frito adquiera sus propiedades sensoriales. Sin embargo, una descomposición excesiva puede ocurrir debido a un control inadecuado de la operación de fritura, lo que puede afectar no solo la calidad sensorial del alimento, sino también a su composición nutricional. Los cambios físicos y químicos que experimentan la grasa de fritura están influenciados por varios parámetros del proceso. Los compuestos formados dependen, obviamente, de la composición del aceite y del alimento a freír. Las altas temperaturas, los largos periodos de fritura y los contaminantes metálicos también promueven la descomposición del aceite (Arango, 2014).

- **Cambios importantes en el aceite durante el proceso de fritura**

Formación del color: Todos los alimentos que se fríen contribuyen con sustancias que se almacenan en el aceite durante el proceso de fritura. Estos componentes extraídos se doran y/o reaccionan con el aceite y causan su oscurecimiento (Arango, 2014).

Hidrólisis: Es la reacción del agua del alimento con la grasa de fritura para formar ácidos grasos libres. La proporción de hidrólisis o ácidos grasos libres formados dependen de factores como la cantidad de agua liberada en el aceite, temperatura del aceite de fritura, la velocidad de renovación del aceite, el número de periodos de calentamiento/ enfriamiento de los aceites y a mayor presencia de migajas y partículas incineradas procedentes del alimento, mayor desarrollo de ácidos grasos libres (Arango, 2014).

Oxidación: El oxígeno del aire reacciona con la grasa de la fritura. Algunos de los productos de la reacción son eliminados de la fritura por el vapor desarrollado durante la fritura del alimento, pero otros permanecen en el aceite y pueden apresurar la oxidación posterior de la grasa. Este proceso, es tardío. Sin embargo, a las temperaturas elevadas de fritura la oxidación se produce de manera más rápida (Arango, 2014).

Polimerización: Cuando los aceites y grasas sufren el calentamiento en el proceso de fritura profunda se forman varios productos en descomposición tales como: peróxidos, monoglicéridos, diglicéridos, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos. La polimerización también tiene como resultado la formación de espuma. Con el desarrollo de polímeros de elevado peso molecular, el aceite de fritura profunda contiene ácidos grasos de longitudes de cadena considerablemente distintas. Esta diferencia en las longitudes de cadena produce la formación de espumas en los aceites/grasa de fritura profunda (Arango, 2014).

Volátiles: Las reacciones oxidativas que implican la formación y descomposición de hiperóxidos conducen a compuestos tales como: aldehídos saturados e insaturados, cetonas, hidrocarburos, lactonas, alcoholes, ácidos y ésteres. La cantidad de productos volátiles varían ampliamente, dependiendo del tipo de aceite, el alimento y el tratamiento térmico al que sea sometido (Arango, 2014).

Compuestos no poliméricos de volatilidad moderada: Son aquellos que no forman polímeros, estos compuestos pueden incluir hidroxiacidos y epoxiacidos, se forman a través de diversas rutas oxidativas que abarca la oxidación térmica, fotoquímica y catalítica de ácidos grasos insaturados. Estos compuestos son importantes en la industria alimentaria, especialmente en procesos como la fritura donde la oxidación de los aceites afecta la calidad y la seguridad alimentaria (Candelario et al., 2021).

Dímeros y polímeros de ácido y glicéridos: Estos compuestos se generan por combinaciones térmicas y oxidativas de radicales libre. La polimerización produce sustancial de la viscosidad del aceite de fritura profunda (Arango, 2014).

2.2.7 Métodos de análisis de calidad de los aceites vegetales

Para evaluar la calidad de los aceites vegetales, existen varias técnicas como:

1. Métodos físicos

- **Densidad:** Es una constante que no influye mucho para un aceite determinado cuando está puro y fresco, pero es afectada por las veces que se somete a temperaturas elevadas, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le realice al aceite (Arango, 2014).

2. Métodos químicos

- **Acidez libre:** se refiere al porcentaje de ácidos libres presentes. En los aceites vegetales, se asume que todos los ácidos libres son ácido oleico ($C_{18}H_{34}O_2$). La acidez se mide en gramos de ácido oleico por cada 100 gramos de grasa (%m/m) (Rodríguez Arzave et al., 2016) .
- **Índice de peróxidos:** Es el número de miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra (Canelos, 2019).
- **Índice de saponificación:** Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1 gramo de grasa o aceite (Rodríguez et al., 2016)
- **Índice de yodo:** Es el número de gramos de yodo absorbidos por cada 100 gramos de aceite o grasa (Rodríguez & Luna, 2015).

2.2.8 Tipos de aceites producidos en Ecuador

Según la Norma Técnica Ecuatoriana 064 (2012) “Grasas y aceites comestibles”, se mencionan los distintos tipos de aceites que se producen, importan o comercializan en Ecuador son:

- Aceite de soya
- Mezclas de aceites vegetales comestibles
- Aceite de palma (OxG) alto Oleico
- Aceite de girasol
- Aceite de maíz
- Aceite de oliva
- Aceite de algodón
- Aceite de canola
- Aceite de arroz
- Aceite comestible de palma africana

2.2.9 Normativa

• Parámetros físicos - químicos de los aceites comestibles

La calidad de los aceites vegetales se verifica mediante pruebas fisicoquímicas y se aplican normas de calidad que detallan las características que estos aceites deben cumplir.

La Tabla 1 presenta los requisitos de calidad que debe cumplir el aceite comestible de palma africana.

Tabla 1
Requisitos del aceite comestible de palma africana-oleína

Parámetro	Método de ensayo	Mínimo	Máximo
Densidad relativa	NTE INEN 35	0,891	0,914
Índice de yodo	NTE INEN 37	58,0	-
Acidez libre (ácido oleico)	NTE INEN 38	-	0,2
Pérdida por calentamiento	NTE INEN 39	-	0,05
Índice de refracción 25°C	NTE INEN 42	1,4630	1,4680
Índice de peróxido	NTE INEN 277	-	10,00
Punto de enturbiamiento	NTE INEN 1639	-	10,00

Nota: De “1640-1 Aceite de Palma INEN”, por Peñafiel Kari, 2022.
(<https://es.scribd.com/document/557984210/1640-1-Aceite-de-Palma-Inen>).

La Tabla 2 presenta las especificaciones de calidad que debe cumplir el aceite comestible de girasol.

Tabla 2
Especificaciones del aceite de girasol

Parámetro	Método de ensayo	Mínimo	Máximo
Densidad relativa 25/25°C	NTE INEN 35	0,910	0,921
Índice de yodo	NTE INEN 37	123	137
Acidez libre (ácido oleico)	NTE INEN 38	-	0,2
Pérdida por calentamiento	NTE INEN 39	-	0,05
Índice de refracción 25°C	NTE INEN 42	1,471	1,475
Índice de peróxido	NTE INEN 277	-	10,00

Nota: De “NTE INEN 0026: Aceite de girasol. Requisitos”, por Salazar Yesica, 2021.
(https://www.academia.edu/8826044/NTE_INEN_0026_Aceite_de_girasol_Requisitos).

Las dimensiones del corte transversal de las papas influyen significativamente en la textura, tiempo de cocción y la absorción del aceite. Un corte uniforme asegura una cocción homogénea.

La Tabla 3 presenta las dimensiones del corte transversal de las tiras de las patatas (papas) fritas tipo francesa.

Tabla 3
Dimensiones del corte transversal

Designación	Tamaño de la papa
Pequeña	5 - 8 mm
Media	8 - 12 mm
Corte grueso	12 - 16 mm
Extra grueso	Más de 16 mm

Nota: De “CXS 114-1981: Norma para las patatas (papas) fritas congeladas rápidamente” por Codex Alimentarius 2019. (https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandard%252FCXS%2B114-1981%252FCXS_114s.pdf).

La Tabla 4 presenta las características químicas y físicas que debe cumplir el aceite comestible de palma.

Tabla 4

Características químicas y físicas del aceite comestible de palma.

Parámetro evaluado	Norma CXS 210-2023	
	Mínimo	Máximo
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	190	209

Nota: De “CXS 210-1999: Norma para aceites vegetales especificados” por Codex Alimentarius 2023. (https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B210-1999%252FCXS_210s.pdf).

La Tabla 5 presenta las características químicas y físicas que debe cumplir el aceite comestible de girasol.

Tabla 5

Características químicas y físicas del aceite comestible de girasol.

Parámetro evaluado	Norma CXS 210-2023	
	Mínimo	Máximo
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	187	184

Nota: De “CXS 210-1999: Norma para aceites vegetales especificados” por Codex Alimentarius 2023. (https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B210-1999%252FCXS_210s.pdf).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación.

Este trabajo de investigación es de carácter descriptivo y experimental, ya que los datos se recolectaron a través de realizaciones directas y tiene como objetivo describir las características del uso de aceites vegetales en la fritura sucesiva de papas tipo francesa y examinar la relación entre la calidad del aceite y el número de frituras que se pueden realizar. Este tipo de investigación analiza las propiedades del aceite en diferentes etapas de uso y estudia el efecto de las frituras en las propiedades fisicoquímicas del alimento.

3.2 Diseño de Investigación

El trabajo de investigación, se llevó a cabo un diseño experimental-analítico. Se realizaron 3 producciones sucesivas de frituras de papas tipo francesa, utilizando papas de la variedad *Solanum Tuberosum* procedente de la región andina del Ecuador. Antes del proceso de fritura se estableció los parámetros de temperatura y tiempo de 170°C durante 10 minutos, la temperatura fue óptima ya que nos ayudó a eliminar bacterias y patógenos presentes en las papas que van fueron sometidas a fritura profunda, el tiempo que se estableció nos ayudó a evitar que las papas absorbieran demasiado aceite y con una textura crujiente por fuera y suave por dentro (Aylón & Rodríguez, 2021). Además, el instrumento que nos permitió controlar la temperatura durante la fritura fue el termómetro. Para continuar con el procedimiento se peló las papas para eliminar completamente la cáscara, posteriormente se lavaron las papas peladas con abundante agua para eliminar residuos no deseados, el tamaño de las papas se estableció con un corte transversal de entre 8 a 12 mm luego se procedió a colocar en un colador para eliminar el exceso de agua presente. A continuación, se calentó el aceite y se añadieron las papas. Al introducir las papas en el aceite caliente, la temperatura de este disminuyó temporalmente en un 10% debido a la transferencia de calor del aceite a las papas. Durante el proceso de fritura, la temperatura se mantuvo estable. Una vez retirada las papas del aceite, la temperatura del mismo aumento en un 5%. Simultáneamente, se recolectó el aceite utilizado en el proceso de fritura en frascos de vidrio ámbar, diseñados para soportar altas temperaturas y evitar la exposición a la luz. De cada muestra recolectada se analizó por triplicado cada uno de los parámetros. Este análisis se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Nacional de Chimborazo. El análisis de datos incluyó técnicas estadísticas para determinar la correlación entre el número de frituras realizadas y la calidad del aceite después de las sucesivas frituras.

3.3 Técnicas de recolección de Datos

El procedimiento que se utilizó para la recolección de datos se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Nacional de Chimborazo donde se optó por un diseño de estudio mediante “recolección directa de los datos obtenidos en el laboratorio”, los cuales fueron llevados a un programa estadístico para conocer la variación de los parámetros fisicoquímicos que presentaban las muestras.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra.

Población: La población estuvo representada por los dos tipos de aceites vegetales con el aceite de palma marca Favorita y el aceite de girasol marca Girasol.

Muestra: La muestra estuvo representada por 100 mililitros de aceite de cada fritura. F0 representa a la muestra sin freír, F1 corresponde al primer ciclo de fritura y así sucesivamente hasta F12, que representa al duodécimo ciclo de fritura.

3.5 Métodos de análisis.

Las muestras de aceites fueron líquidas, con aspecto claro y sin sedimentos. Previo a los ensayos, se homogenizó la muestra mediante la inversión del contenido del recipiente en varias ocasiones.

3.5.1 Determinación del índice de peróxido

Se preparó 100 mL de una solución de ácido acético glacial:cloroformo en una relación 3:2, una solución saturada de yoduro de potasio diluyendo 30,0130 g del reactivo en 20 mL de agua destilada, y 500 mL de una solución de tiosulfato de sodio al 0,01 N. Por otra parte, se colocó 2 g del aceite vegetal usado en un matraz erlenmeyer, y se agregó 5 ml de la solución ácido acético glacial:cloroformo. Se agitó el matraz para homogenizar la solución, y se añadió 0,5 mL de la solución saturada de yoduro de potasio. Se agitó la muestra y se añadió 30 mL de agua destilada. Se utilizó la solución de tiosulfato de sodio para titular, observando que el color amarillo desaparezca completamente. Se añadió 0,5 mL de la solución indicadora de almidón, y se continuó con la titulación hasta que el color azul desaparezca completamente (Canelos, 2019). El experimento se realizó por triplicado. Se utilizó como blanco una solución sin muestra de aceite. Se determinó el índice de peróxido mediante la ecuación 1.

$$I = ((T_2 - T_1) * N * 1000) / W \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

I es el índice de peróxido en miliequivalentes de O₂ por kilogramo del producto (meqO₂/kg).

T₁ es el volumen de tiosulfato de sodio usado en la titulación de la muestra (mL).

T₂ es el volumen de tiosulfato de sodio usado en la titulación del blanco (mL).

N es la normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

W es la masa de la muestra analizada, en gramos.

3.5.2 Determinación de acidez libre

Se preparó una solución de hidróxido de potasio al 0,1 N, disolviendo 0,56 g del reactivo en 100 mL de agua destilada. Se pesó 5g de muestra en un matraz Erlenmeyer y se agregó 25 mL de alcohol etílico al 96%. Se agitó la muestra y se agregó 3 gotas de fenolftaleína. La mezcla se tituló con la solución de hidróxido de potasio (Alarcón et al. 2010). El índice de acidez se expresa en % de ácido oleico, y se calculó mediante la ecuación 2.

$$\% \text{ ácido oleico} = (V_{\text{KOH}} * N * 28,2) / W$$

Ecuación 2

Donde:

V_{KOH} es el volumen que se utilizó en la titulación (mL).

N es la normalidad de la solución.

28,2 es el factor de conversión del ácido oleico.

W es el peso de la muestra.

3.5.3 Determinación del índice de yodo

Se preparó una solución de almidón al 1% (m/v), disolviendo 1 gramo de almidón en 100 mL de agua. Por otra parte, se preparó una solución de yoduro de potasio al 15% (m/v) en 100 mL de agua, y una solución de tiosulfato de sodio esta se estandarizó con la finalidad de conocer la concentración exacta del mismo. Para la estandarización se pesó 2,45 g de dicromato y se disolvió en 500 mL de agua. 10 mL de esta solución fueron añadidos a un matraz erlenmeyer que contenía 80 mL de agua destilada y 1 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se homogenizó la solución y se añadió 1 g de yoduro de potasio. La mezcla se mantuvo en oscuridad durante 6 minutos. Posteriormente, se realizó una titulación de la solución con el tiosulfato de sodio a normalizar. Una vez que la solución se tornó de color amarillo, se agregó 1 mL de la solución de almidón. Se continuó con la titulación en la solución con una coloración azul hasta que esta tenga un color verde claro. Los mililitros de tiosulfato de sodio utilizados durante la titulación fueron registrados (P. Rodríguez & Luna, 2015). El experimento se realizó por triplicado para cada ciclo de producción de las frituras sucesivas de las papas tipo francesa. Se calculó la normalidad del tiosulfato de sodio mediante la ecuación 3.

$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = (1) / (\text{mL gastados de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

Ecuación 3

$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = (1) / (10 \text{ mL})$$

$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,1\text{N}$$

Donde:

$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ es la normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

1 es el factor de equivalencia.

mL gastados de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ es el volumen de la solución del tiosulfato de sodio que se ha utilizado en la titulación.

Una vez preparada la solución para la determinación del índice de yodo se procedió a realizar el ensayo. Se pesó 0,2 g de muestra y se colocó en un matraz erlenmeyer de 500 mL. Se añadió 5 mL de cloroformo para disolver completamente la muestra. Se agregó 10 mL de solución de Wijs, y se agitó la mezcla para homogenizar. El matraz se mantuvo en oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente, y posteriormente, se añadió 10 mL de solución de yoduro de potasio y 50 mL de agua destilada. Se tituló el yodo libre con la solución 0,1 N de tiosulfato de sodio. Este proceso se realizó mediante la agitación constante de la mezcla hasta que el color amarillo haya casi desaparecido, añadiendo 1 mL de la solución de almidón y titulando hasta que el color azul desaparezca completamente. Al punto final de la reacción,

el matraz se tapó y se agito fuertemente para que cualquier remante de yodo que se encuentre presente en la capa de cloroformo pase a la solución acuosa de yoduro de potasio (P. Rodríguez & Luna, 2015). El experimento se realizó por triplicado para cada ciclo de producción de fritura sucesiva de papas tipo francesa. Se utilizó como blanco una solución sin muestra de aceite. El índice de yodo se determinó mediante la ecuación 4.

$$\text{Índice de yodo} = ((T_2 - T_1) * N * 12,69) / W \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

T₁ es el volumen de tiosulfato de sodio usado en la titulación de la muestra (mL).

T₂ es el volumen de tiosulfato de sodio usado en la titulación del blanco (mL).

N es la normalidad del tiosulfato de sodio.

W es la masa del aceite o grasa (g)

12,69 es el factor de conversión obtenido a partir del peso molecular del yodo

3.5.4 Determinación del índice de saponificación

Se preparó una solución de ácido clorhídrico 0,5 N, y una solución de hidróxido de potasio 0,5 N en alcohol al 96% (v/v). Además, se preparó una solución indicadora de fenolftaleína al 1% (m/v) en alcohol al 95% (v/v). Se colocó 2 gramos de la muestra de aceite en un matraz, y se agregó 25 mL de la solución de hidróxido de potasio. Se calentó la muestra con agitación en un equipo agitador Stirrer Magnetic Mixer With Heating Six-Position, marca JOANLAB, modelo MHS6Pro, Mainland China, a 30°C y 1090 rpm durante 30 minutos. El equipo utilizado para este análisis fue donado al Laboratorio de Control de Calidad de la Carrera de Agroindustria como aporte del proyecto de tesis. Posteriormente, se enfrió la muestra y se añadió 1 mL de la solución indicadora de fenolftaleína. Se tituló la muestra con la solución de ácido clorhídrico hasta que desaparezca la coloración rosada. Se determinó el índice de saponificación mediante la ecuación 5.

$$i = ((T_2 - T_1) * N * 56,1) / W \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

i es el índice de saponificación del producto, en mg/g

T₂ es el volumen de la solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del blanco en mL.

T₁ es el volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la muestra en mL.

N es la normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

56,1 es el factor de conversión que corresponde a la masa molar del hidróxido de potasio en mg/mmol.

W es la masa de la muestra en gramos.

3.5.5 Determinación de densidad relativa

Se secó el picnómetro con papel absorbente sin que exista agua en las paredes del picnómetro. Se pesó el picnómetro en la balanza analítica y se registraron los resultados

como M_0 . Se llenó completamente el picnómetro con agua destilada y seguidamente se colocó la tapa del picnómetro para eliminar el exceso de agua. Se secó con papel absorbente las paredes del picnómetro y se procedió a pesar en la balanza analítica registrando el resultado como M_1 . Se eliminó el agua del picnómetro, se secó completamente, y colocó la muestra de aceite vegetal en el picnómetro. Se tapó el picnómetro para eliminar el exceso y se limpió las paredes. Finalmente, se pesó el picnómetro con la muestra y se registró el resultado como M_2 . El experimento se realizó por triplicado por cada ciclo de producción de papas fritas (Obando, 2017). La densidad relativa se determinó mediante la ecuación 6.

$$P=(M_2-M_0) / (M_1-M_0) \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

ρ es la densidad relativa

M_0 es la masa del picnómetro vacío en gramos.

M_1 es la masa del picnómetro lleno de agua en gramos.

M_2 es la masa del picnómetro lleno de muestra de aceite vegetal en gramos.

3.6 Procesamiento de datos.

Los datos obtenidos del índice de peróxido, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación y densidad se evaluaron mediante el software Statgraphics Centurion. Se realizó un análisis de varianza ANOVA simple y una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre las muestras.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Obtención de las papas fritas

El proceso de obtención de papas tipo francesa a partir de la especie *Solanum tuberosum* L. cumplió con los requisitos generales establecidos en la norma internacional CODEX ALIMENTARIUS CODEX STAN 114. Estos requisitos establecen que el tamaño del corte transversal debe estar entre 8 a 12 mm. La Figura 1 muestra el procesamiento del corte de las papas. Por otra parte, el tiempo y la temperatura utilizadas para cada ciclo de fritura permitieron obtener papas fritas totalmente cocidas y con textura crujiente (Figura 2).

Figura 1
Corte y tamaño de papas



Figura 2
Obtención de papas tipo francesa



4.2 Índice de peróxido

La Tabla 6 muestra los resultados del índice de peróxido del aceite de palma y de girasol. Los valores corresponden al promedio de 9 muestras de aceite vegetal utilizado en 3 producciones. En los Anexo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los valores individuales del índice de peróxido de cada una de las muestras de papas fritas preparadas en las 3 producciones.

Tabla 6
Determinación del índice de peróxidos del aceite de palma y girasol

Fritura	Aceite de palma (meqO ₂ /Kg de aceite)	Aceite de girasol (meqO ₂ /Kg de aceite)
F0	0,4967 ± 0,0003 ^a	0,4980 ± 0,0006 ^a
F1	1,3236 ± 0,2488 ^a	1,2680 ± 0,5028 ^{ab}
F2	3,1455 ± 0,3512 ^b	1,7623 ± 0,2618 ^{ab}
F3	5,2960 ± 0,4981 ^c	2,4203 ± 0,4600 ^b
F4	7,3372 ± 0,4178 ^d	3,8541 ± 1,0730 ^c
F5	8,8187 ± 0,7384 ^e	4,2964 ± 1,4258 ^c
F6	12,0747 ± 1,0857 ^f	6,4688 ± 0,9279 ^d
F7	13,1755 ± 0,3602 ^g	9,3183 ± 0,7394 ^e
F8	14,4375 ± 0,7258 ^h	11,3981 ± 0,7054 ^f
F9	15,6066 ± 0,4419 ⁱ	12,6294 ± 0,8253 ^f
F10	17,5346 ± 0,7945 ^j	14,9589 ± 1,1627 ^g
F11	18,1543 ± 0,2738 ^j	16,2301 ± 0,7481 ^h
F12	19,9125 ± 0,7408 ^k	18,9158 ± 1,4298 ^h

Nota: Letras a-k indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Tabla 6 muestra la determinación del índice de peróxidos para el aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol determinado en los 12 ciclos de fritura. Según Juárez & Sammán (2007), el índice de peróxidos es un indicador clave de la oxidación del aceite, donde valores más altos reflejan un mayor grado de deterioro.

Para el aceite de palma, se observó un aumento significativo del valor de índice de peróxidos, alcanzando un valor 12,07 meqO₂/Kg de aceite a partir del ciclo de fritura F6. Este valor demostró que el aceite de palma se deterioró a partir del sexto ciclo de fritura, superando los niveles aceptables establecidos por la NTE INEN 1640:2012, que corresponden a un valor máximo de 10,0 meqO₂/Kg de aceite.

De igual manera, en el caso del aceite de girasol, el valor del índice de peróxidos aumentó significativamente, logrando un valor aproximado de 11,40 meqO₂/Kg de aceite a partir del ciclo de fritura F8. Al igual que en el aceite de palma, este valor superó los valores permisibles establecidos por la NTE INEN 26:2012 con un valor máximo de 10,0 meqO₂/Kg de aceite. Este valor sugiere que el aceite de girasol se deteriora significativamente en el octavo ciclo de fritura. Awuchi et al. (2018), obtuvieron valores de índice de peróxidos para la oleína de palma de 1,99 meqO₂/kg de aceite antes de freír y 9,30 meqO₂/kg después de la fritura final. Por otro lado, el índice de peróxidos en el aceite de girasol incrementó de 10,63 meqO₂/kg de aceite iniciales a 19,31 meqO₂/kg de aceite luego de freír el tercer lote de papas fritas. En la investigación de Gunnepana & Navaratne (2015), se obtuvieron resultados ligeramente diferentes con un valor inicial de índice de peróxido en el aceite de girasol de 3,47 meqO₂/kg de aceite y un aumento a 6,79 meqO₂/kg de aceite en la última fritura de papas. Respecto a la fritura de aceite de palma, el valor de índice de peróxidos inició en 7,56 meqO₂/kg de aceite y al finalizar las 3 frituras se obtuvo un valor de 9,97 meqO₂/kg de aceite luego de freír 3 veces con el mismo aceite. Al comparar los resultados obtenidos con los datos bibliográficos se demuestra que el incremento de ciclos de fritura produce un aumento del valor del índice de peróxidos.

4.3 Acidez libre

La Tabla 7 muestra los resultados de la acidez libre del aceite de palma y de girasol. Los valores corresponden al promedio de 9 muestras de aceite vegetal utilizado en 3 producciones. En los Anexo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los valores individuales del índice de peróxido de cada una de las muestras de papas fritas preparadas en las 3 producciones.

Tabla 7
Determinación de la acidez libre del aceite de palma y girasol

Fritura	Aceite de palma (ácido oleico)	Aceite de girasol (ácido oleico)
F0	0,0560 ± 0,0001 ^a	0,0624 ± 0,0187 ^a
F1	0,0582 ± 0,0001 ^a	0,0936 ± 0,0280 ^{ab}
F2	0,1244 ± 0,0248 ^b	0,1186 ± 0,0187 ^{ab}
F3	0,1367 ± 0,0406 ^b	0,1498 ± 0,0281 ^{ab}
F4	0,1553 ± 0,0248 ^{bc}	0,1374 ± 0,0407 ^{ab}
F5	0,1927 ± 0,0293 ^c	0,1748 ± 0,0188 ^{bc}
F6	0,3353 ± 0,0272 ^d	0,1748 ± 0,0438 ^{bc}
F7	0,3537 ± 0,0284 ^d	0,2621 ± 0,0280 ^{cd}
F8	0,3738 ± 0,0395 ^d	0,3303 ± 0,0335 ^{de}
F9	0,4336 ± 0,0242 ^e	0,3740 ± 0,0284 ^e
F10	0,5353 ± 0,0289 ^f	0,4743 ± 0,0750 ^f
F11	0,5908 ± 0,0286 ^g	0,5931 ± 0,0851 ^g
F12	0,6893 ± 0,0415 ^h	0,7176 ± 0,1418 ^h

Nota: Letras a-h indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Tabla 7 muestra la determinación de la acidez libre para el aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol a lo largo de 12 ciclos de fritura. Según Gutiérrez (2019), la acidez se debe a la presencia de ácidos grasos libres, los cuales son liberados de la molécula de triacilglicéridos cuando estos sufren hidrólisis por factores externos que causan descomposición, por lo que indica que entre mayor sea el grado de acidez, menor es la calidad del aceite.

Para el aceite de palma, se observó un aumento significativo en la acidez libre, alcanzando un valor 0,33% a partir del ciclo de fritura seis F6. Este incremento indica que el aceite de palma se deterioró notablemente en el sexto ciclo de fritura, superando los niveles aceptables establecidos por la NTE INEN 1640:2012 estableciendo un valor máximo de 0,2%. En el caso del aceite de girasol, el índice de acidez mostró un aumento ligero, alcanzando un valor de 0,33% a partir del ciclo de fritura ocho F8, superando los valores permisibles establecidos por la NTE INEN 26: 2012 estableciendo un valor máximo de 0,2%. Paunović et al. (2020), determinaron un contenido de ácidos grasos libres en el aceite de girasol y la oleína de palma de 50,0 % y 26,8% respectivamente, después de siete días de fritura. Los valores iniciaron en 0,55 % en el aceite de girasol y en el último ciclo de fritura aumentó significativamente a 0,83%. En el estudio realizado por Gunnepana & Navaratne (2015) se determinó un valor índice de acidez de la oleína de palma entre 0,086 y 0,171% mientras que para el aceite de girasol osciló entre 0,060 y 0,121 %. Este experimento se llevó a cabo a lo largo de 3 ciclos de fritura de papas. Al comparar los resultados obtenidos con

los datos bibliográficos se demuestra que el incremento de ciclos de fritura produce un aumento del valor de la acidez libre. Estos resultados evidencian que la calidad del aceite se ve afectada a medida que incrementa el ciclo de frituras.

4.4 Índice de yodo

La Tabla 8 muestra los resultados del índice de yodo del aceite de palma y de girasol. Los valores corresponden al promedio de 9 muestras de aceite vegetal utilizado en 3 producciones. En los Anexo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los valores individuales del índice de peróxido de cada una de las muestras de papas fritas preparadas en las 3 producciones.

Tabla 8
Determinación del índice de yodo del aceite de palma y girasol

Fritura	Aceite de palma (g de yodo/g de aceite)	Aceite de girasol (g de yodo/g de aceite)
F0	64,2452 ± 1,0469 ^{bc}	127,5970 ± 0,7015 ^{abc}
F1	64,2855 ± 0,8719 ^{bc}	127,1211 ± 0,9801 ^{abc}
F2	64,0811 ± 0,9630 ^{abc}	126,3131 ± 2,0739 ^a
F3	62,6228 ± 0,6516 ^a	127,7900 ± 1,0189 ^{abc}
F4	63,5901 ± 0,7957 ^{abc}	127,9683 ± 0,8042 ^{abc}
F5	63,0732 ± 0,6131 ^{ab}	128,5750 ± 1,5555 ^{abc}
F6	64,4378 ± 0,8827 ^{bc}	128,9903 ± 1,9940 ^c
F7	64,6311 ± 1,2626 ^c	127,5454 ± 1,2299 ^{abc}
F8	64,7190 ± 1,0568 ^c	128,1857 ± 2,2024 ^{abc}
F9	64,2479 ± 0,9888 ^{bc}	128,2938 ± 1,0176 ^{abc}
F10	63,9792 ± 1,0053 ^{abc}	126,6097 ± 1,5977 ^{ab}
F11	62,8921 ± 1,0712 ^{ab}	128,7970 ± 0,7263 ^{bc}
F12	64,6485 ± 1,1539 ^c	128,1640 ± 1,8259 ^{abc}

Nota: Letras a-c indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Tabla 8 muestra la determinación del índice de yodo para el aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol a lo largo de 12 ciclos de fritura. Según Gutiérrez (2019), el índice de yodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. Los valores que se obtiene del índice de yodo se relacionan con el punto de fusión del aceite, logrando un menor punto de fusión en muestras con mayor grado de insaturación (Ramírez, 2018).

Para el aceite comestible de palma, se observó que durante el proceso de fritura existe una variación a medida que va aumentando el número de frituras. En la muestra inicial sin freír F0 se obtuvo un valor de $64,24 \pm 1,05$ g de yodo/g de aceite. Este valor fluctuó ligeramente a lo largo de las frituras, alcanzando un valor de $64,65 \pm 1,15$ g de yodo/g de aceite en la última fritura. En la norma ecuatoriana NTE INEN 1640:2012 no se establece un valor máximo permitido. En el aceite comestible de girasol, el índice de yodo mostró un aumento ligero con valores entre $126,31 \pm 2,07$ g de yodo/g de aceite y $128,16 \pm 1,82$ g de yodo/g de aceite, y dichos valores no sobrepasaron el límite permitido por la NTE INEN 26:2012 puesto que establece solo el valor mínimo que debe cumplir. Fernández et al. (2010), en su investigación acerca del deterioro de aceite de soya y oleína de palma durante la fritura de papas tipo francesa, el análisis del índice de yodo del aceite de soya mostró

valores constantes entre 63,8 y 70,1 g de yodo/g de aceite. En el caso del aceite comestible de palma usado de cocina al ser utilizado al 100% obtuvieron un valor de 70,10 g de yodo/ de aceite (R. Alarcón, 2014). En la investigación de Gunnepana & Navaratne (2015), determinaron valores del índice de yodo del aceite de girasol entre 106,49 a 121,85 g de yodo/ g de muestra después de freír papas. Este fenómeno se explica por la transferencia de grasa del alimento al aceite durante el proceso de fritura. En los trabajos mencionados no se establece un valor límite o máximo al cual debe llegar el índice de yodo en el aceite, y, por el contrario, estas investigaciones indican que el índice de yodo de una grasa es imprescindible para caracterizar el tipo de productos es decir cuanto más alto es el índice de yodo más líquida es la consistencia de la grasa lo que indica que los aceites con el índice de yodo elevados contienen más ácidos grasos insaturados, y son más propensos a reacciones rápidas de degradación como la autooxidación o la polimerización (Banfi, 2018).

4.5 Índice de saponificación

La Tabla 9 muestra los resultados del índice de saponificación del aceite de palma y de girasol. Los valores corresponden al promedio de 9 muestras de aceite vegetal obtenidas en 3 producciones. En los Anexo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los valores individuales del índice de peróxido de cada una de las muestras de papas fritas preparadas en las 3 producciones.

Tabla 9
Determinación del índice de saponificación en el aceite de palma y girasol

Fritura	Aceite de palma mgKOH/g de aceite	Aceite de girasol mgKOH/g de aceite
F0	123,3979 ± 2,8366 ^{ab}	132,0720 ± 1,8540 ^a
F1	122,1532 ± 3,1673 ^a	131,5530 ± 2,5990 ^a
F2	127,5478 ± 1,9492 ^b	129,2590 ± 1,0445 ^a
F3	133,6552 ± 2,0914 ^c	148,8720 ± 2,9152 ^b
F4	137,5381 ± 1,2229 ^c	148,3310 ± 4,4040 ^b
F5	148,2198 ± 2,1146 ^d	145,6550 ± 3,3120 ^b
F6	156,2867 ± 1,9136 ^e	162,7120 ± 2,7082 ^c
F7	165,2766 ± 2,2579 ^f	158,8110 ± 2,1607 ^c
F8	169,4563 ± 1,2672 ^f	158,6520 ± 4,1116 ^c
F9	178,1177 ± 1,5418 ^g	159,2980 ± 2,1342 ^c
F10	189,7551 ± 6,0411 ^h	172,8790 ± 1,8250 ^d
F11	200,9150 ± 5,1901 ⁱ	170,7120 ± 1,9097 ^d
F12	206,0377 ± 3,1230 ^j	172,5910 ± 2,5062 ^d

Nota: Letras a-j indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Tabla 9 muestra la determinación del índice de saponificación para el aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol a lo largo de 12 ciclos de fritura. Según (Ramírez, 2018), es importante evaluar este aspecto porque el valor que nos da indica la facilidad con la que la muestra se puede saponificar.

Para el aceite comestible de palma, se observó que durante el proceso de fritura mostro un aumento significativo a medida que se incrementó el número de frituras. Inicialmente, el índice de saponificación fue de $123,40 \pm 2,84$ mgKOH/g de aceite en las muestras sin freír

F0, y este valor aumentó a $206,04 \pm 3,12$ mgKOH/g de aceite en la última fritura F12. En el aceite comestible de girasol, el índice de saponificación igualmente mostró un aumento significativo a medida que se incrementó los ciclos de fritura. El índice de saponificación con un valor de $132,07 \pm 1,85$ mgKOH/g de aceite para la muestra sin freír F0, y se mantuvo relativamente constante durante los primero dos ciclos de fritura. Posteriormente, este valor incrementó a $172,59 \pm 2,50$ mgKOH/g de aceite. Los valores reflejados en la Tabla 9 para los dos tipos de aceites no sobrepasaron los valores permisibles por la normativa internacional CODEX ALIMENTARIUS CXS 210-2023 que nos indica un límite de 187 a 184 mgKOH/g de aceite y 190 a 209 mgKOH/g de aceite para el aceite comestible de girasol y palma respectivamente. Tabasum et al. (2012) utilizaron aceite de canola y girasol para determinar la calidad de la fritura, considerando una temperatura de 165 °C e intervalos de tiempo de 30 minutos al momento de freír papa china. Los autores realizaron 10 ciclos de fritura por 4 días y el análisis de saponificación dio un valor inicial de 193,55mgKOH/ g de aceite; en el aceite de canola sin freír y en el último ciclo de fritura un valor de 384,25 mgKOH/g de aceite. En el aceite de girasol, el índice de saponificación inicial fue de 194,73 mgKOH/g de aceite, en el aceite sin freír y el último ciclo de fritura resultó en un valor de 298,88 mgKOH/g de aceite. Nduka et al., (2021) obtuvo valores de índice de saponificación iniciales y finales de 59,69 mgKOH/g y 61,34 mgKOH/g, respectivamente para aceite de palma. Estos valores resultaron después de 7 horas de producción de papas fritas. Mediante los análisis que realizaron pudieron evidenciar que el aceite de palmiste y el aceite de maní obtuvieron mayor índice de saponificación a diferencia de los valores obtenidos para el aceite de oleína de palma.

4.6 Densidad relativa

La Tabla 10 muestra los resultados de la densidad del aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol. Los valores mostrados corresponden al promedio de 9 muestras de aceite vegetal obtenidas en 3 producciones. En los Anexo 1, 2, 3, 4, 5 y 6, se presentan los valores individuales del índice de peróxido de cada una de las muestras de papas fritas preparadas en las 3 producciones.

Tabla 10
Determinación de la densidad relativa en el aceite de palma y girasol

Fritura	Aceite de palma	Aceite de girasol
F0	$0,9117 \pm 0,0008^{ab}$	$0,9120 \pm 0,0009^{ab}$
F1	$0,9113 \pm 0,0000^a$	$0,9114 \pm 0,0000^a$
F2	$0,9131 \pm 0,0004^{cde}$	$0,9132 \pm 0,0000^{cd}$
F3	$0,9133 \pm 0,0003^{cde}$	$0,9131 \pm 0,0000^{cd}$
F4	$0,9133 \pm 0,0000^{cde}$	$0,9134 \pm 0,0000^{de}$
F5	$0,9133 \pm 0,0000^{cde}$	$0,9132 \pm 0,0000^{cd}$
F6	$0,9141 \pm 0,0000^e$	$0,9141 \pm 0,0001^e$
F7	$0,9141 \pm 0,0000^e$	$0,9140 \pm 0,0002^{de}$
F8	$0,9130 \pm 0,0015^{cd}$	$0,9133 \pm 0,0000^{cde}$
F9	$0,9134 \pm 0,0015^{cde}$	$0,9125 \pm 0,0013^{bc}$
F10	$0,9125 \pm 0,0015^{bc}$	$0,9125 \pm 0,0000^{bc}$
F11	$0,9125 \pm 0,0015^{bc}$	$0,9125 \pm 0,0000^{bc}$

F12 $0,9136 \pm 0,0015^{de}$ $0,9136 \pm 0,0000^{de}$

Nota: Letras a-e indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Tabla 10 muestra los valores de la densidad para el aceite comestible de palma y el aceite comestible de girasol a lo largo de 12 ciclos de fritura. Según Murga et al. (2015), la densidad de las grasas líquidas es constante debido a los diferentes tipos de triglicéridos.

Los resultados de la densidad relativa del aceite comestible de palma mostraron una ligera variación a medida que se incrementó el número de frituras. Inicialmente, la densidad fue de 0,9117 en la muestra sin freír F0, y este valor fue de 0,9136 en la fritura 12 F12. En el aceite comestible de girasol el valor inicial de densidad fue de 0,9120 en la muestra sin freír F0, y este valor resultó en 0,9136 en la fritura 12 F12. En la investigación realiza por Habarakada et al. (2021) se observó que las densidades relativas de los aceites de coco, palma y girasol utilizados aumentaron ligeramente con cada ciclo de fritura consecutivo, sin importar el alimento sometido al proceso de fritura. Durante los cinco ciclos de fritura realizados, la densidad relativa de los aceites usados osciló entre 0,85 y 0,99. Bomdón (2021) analizó la densidad relativa de los aceites utilizados en diversos procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato. En estos establecimientos, los aceites empleados para las frituras fueron aceite comestible de palma, girasol y soya. Los resultados mostraron que la densidad relativa de estos aceites estuvo alrededor de 1,26. En nuestra investigación, los valores determinados no influyen de manera directa en la calidad del aceite considerando los valores establecidos en la normativa nacional e internacional

La Tabla 11 presenta una comparación entre los valores de índice de peróxido, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación y densidad relativa del aceite de palma sujeto a 6 y 12 ciclos de fritura con los límites establecidos en la normativa ecuatoriana NTE INEN 1640:2012 y el Codex Alimentarius 210-2023.

Tabla 11
Comparación de los resultados del aceite comestible de palma con la normativa nacional e internacional

Parámetro evaluado	Ciclo	Valor determinado	NTE INEN 1640:2012		CXS 210-2023	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)	F6	12,0747	0	10	-	10,0
Índice de acidez (ácido oleico/100 g aceite)	F6	0,3353	0	0,2	-	0,3
Índice de yodo (g de yodo/g de aceite)	F12	64,6485	58,0	-	50,0	55,0
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	F12	206,0377	-	-	190	209
Densidad relativa	F12	0,9136	0,891	0,914	0,891	0,899

Los valores del índice de peróxido y acidez superaron los límites establecidos por la norma NTE INEN 1640:2012 a partir del ciclo de fritura 6. Sin embargo, los valores del índice de yodo, índice de saponificación y densidad relativa se mantuvieron dentro de los límites establecidos. En comparación con la normativa internacional del Codex Alimentarius 210-2023, el índice de peróxido en la fritura 6 y el índice de yodo en la fritura 12 fueron más altos. Según Jurid et al. (2020), en su trabajo de investigación concluyeron que la oleína de palma reciclada puede ser utilizada hasta 5 ciclos de fritura en el caso de utilizar papas, y dos ciclos de fritura para freír pescado. En la investigación de Mohanavidhya & Shamalabanu (2015), utilizaron aceite de maní y de palma, y los autores indicaron que se puede reutilizar hasta dos semanas los aceites. En base a los resultados, el aceite comestible de palma se puede utilizar hasta 6 veces para freír papas tipo francesa, y en caso de utilizar otro tipo de alimento el aceite podría tener una degradación distinta.

La Tabla 12 presenta una comparación entre los valores de índice de peróxido, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación y densidad relativa del aceite de girasol sujeto a 8 y 12 ciclos de fritura con los límites establecidos en la normativa ecuatoriana NTE INEN 1640:2012 y el Codex Alimentarius 210-2023.

Tabla 12

Comparación de los resultados del aceite comestible de girasol con la normativa nacional e internacional.

Parámetro evaluado	Ciclo	Valor determinado	Norma NTE INEN 26:2012		Norma CXS 210-2023	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
			Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)	F8	11,3981	0
Acidez libre (ácido oleico)	F8	0,3303	0	0,2	-	0,3
Índice de yodo (g de yodo/g de aceite)	F12	128,1640	123	137	118	141
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	F12	172,5910	-	-	187	184
Densidad relativa	F12	0,9136	0,891	0,914	0,916	0,923

Los valores del índice de peróxido y acidez superaron los límites establecidos por la norma NTE INEN 26:2012 a partir del ciclo de fritura 8. Sin embargo, los valores del índice de yodo, índice de saponificación y densidad relativa se mantuvieron dentro de los límites establecidos. En comparación a la normativa internacional del Codex Alimentarius 210-2023, el índice de peróxido determinado en la fritura 8 superó el valor límite, mientras que el índice de acidez, el índice de yodo, índice de saponificación y la densidad relativa se encontraron dentro de los rangos permitidos. Habarakada et al. (2021) no recomiendan utilizar aceite de girasol para frituras repetidas en pescado, ya que las propiedades fisicoquímicas y nutricionales se modifican a partir del quinto ciclo de fritura. En la investigación de Shasty et al. (2011) indicaron que el aceite de girasol reutilizado es tóxico y causa daños considerables a los órganos vitales. En base a los resultados, el aceite comestible de girasol se puede utilizar hasta 8 veces para freír papas tipo francesa, y en caso de utilizar otro tipo de alimento el aceite podría tener una degradación distinta.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se preparó papas fritas tipo francesa uniformes a partir de la variedad *Solanum Tuberosum L.*
- Una temperatura de fritura de 170°C y un tiempo de 10 minutos aplicado en aceites comestibles de palma y girasol permitieron obtener una papa frita cocida y crujiente.
- Se evaluó la calidad del aceite vegetal de palma y girasol mediante la determinación del índice de peróxidos, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación y densidad.
- El índice de peróxido y el índice de acidez determinado en los dos tipos de aceites sobrepasaron los valores permitidos por la normativa NTE INEN 1640:2012 y 26:2012.
- El aceite de palma soportó un menor número de frituras respecto al aceite de girasol.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar otras condiciones de procesamiento para evaluar los cambios en las propiedades fisicoquímicas del aceite.
- Se recomienda analizar los aceites más consumidos en la provincia para generar procedimientos y normativas para el uso de este tipo de alimentos.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, J., Panéz, R., Ramos, E., Valle, P., & Yon, A. (2010, August 31). *Determinación Del Índice de Acidez*. <https://es.scribd.com/doc/38187921/Determinacion-del-indice-de-acidez>
- Alarcón, R. (2014). *Obtención de biodiésel a partir de mezclas de aceite usado de cocina y aceite de palma* [Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/717/Obtencion%20de%20biodiesel%20a%20partir%20de%20mezclas%20de%20aceite%20usado%20de%20cocina%20y%20aceite%20de%20palm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arango, N. (2014). *Análisis de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír papa sabanera tipo francesa* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8794>
- Asitimbay, G., & Aguilera, C. (2014). *Factores influyentes en la aceleración de la rancidez del aceite utilizado en la preparación de las papas fritas y su relación con la salud de los consumidores en instituciones educativas de la ciudad de Cuenca*.
- Awuchi, G., Ikechukwu, A., Igwe, V., & Gonzaga, A. (2018). Effects of repeated deep frying on refractive index and peroxide value of selected vegetable oils. *International Journal of Advanced Academic Research | Sciences*, 4(4), 2488–9849.
- Aylón, A., & Rodríguez, J. (2021, July 22). *El proceso de fritura en los alimentos / Consumer*. <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-proceso-de-fritura-en-los-alimentos.html>
- Banfi, S. (2018). *Nuevo método para determinar el índice de yodo en aceites y grasas*. https://download.cdrfoodlab.com/FatsOils/CDR_FoodLab_indice_yodo_aceites_grasas_P2304_ES.pdf
- Bondón, A. (2021). *Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato*. [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32552/1/BQ%20266.pdf>
- Candelario, A., Vicuña, X., & Yunque, L. (2021). *Análisis de la calidad del aceite comestible utilizado en doce frituras sucesivas para freír papa tipo francesa*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-jose-faustino-sanchez-carrión/fisiopatología-y-dietoterapia-del-niño-y-del-adulto/informe-aceites-comestibles-y-grasas/20156915>
- Canelos, F. (2019, April 1). *Inen-277 (Índice de Peroxido)*. <https://es.scribd.com/document/405847035/Inen-277-Indice-de-Peroxido>
- Codex Alimentarius. (1999). *NORMA PARA ACEITES VEGETALES ESPECIFICADOS*. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/210-1999.PDF
- Constitución de la República del Ecuador*. (2008). www.lexis.com.ec
- Cruz, A. (2024, April 12). *Reciclar el aceite de cocina no es saludable: implica estos riesgos para su cuerpo*. <https://www.lanacion.com.ar/salud/nutricion/reciclar-el-aceite-de-cocina-no-es-saludable-implica-estos-riesgos-para-su-cuerpo-nid12042024/>

- Durán, S., Torres, J., & Sanhueza, J. (2015b, November 19). *Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades*. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n1/04revision02.pdf>
- Fernández Cedi, Álvarez de la Cadena y Yañez L.b, & Sosa Morales M. E. (2010). *DETERIORO DE ACEITE DE SOYA Y OLEINA DE PALMA DURANTE EL FREIDO DE PAPAS A LA FRANCESA*. Universidad de Guanajuato.
- Flores, T., & Sosa, M. (2016). RANCIDEZ HIDROLÍTICA Y OXIDATIVA DE ACEITES SOMETIDOS AL FREÍDO REPETIDO DE NUGGETS DE PESCADO. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2(1), 1399–1403. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1277>
- Fweja, L. W. T. (2019). The Effects of Repeated Heating on Thermal Degradation of Cooking Oil and its Implication on Human Health - A Review. *Huria: Journal of the Open University of Tanzania*, 26(1). <https://www.ajol.info/index.php/huria/article/view/196732>
- García, A. I. (2020). *EL ACEITE DE PALMA: PROBLEMÁTICA SOCIAL* [Universidad de Murcia]. https://www.um.es/documents/2918258/18875715/Escrita_CyT_IES+Marqu%C3%A9s+de+los+V%C3%A9lez.pdf/8dd2eb0a-bf69-428e-b21a-caad60899f3d
- Gesteiro, E., Galera-Gordo, J., González-Gross, M., Gesteiro, E., Galera-Gordo, J., & González-Gross, M. (2018). Aceite de palma y salud cardiovascular: consideraciones para valorar la literatura. *Nutrición Hospitalaria*, 35(5), 1229–1242. <https://doi.org/10.20960/NH.1970>
- Guerrero, A. (2016). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL PROCESAMIENTO DE ACEITE DE GIRASOL (Helianthus annuus)* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6847/1/03%20AGN%20019%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Gunnepana, I. U. K., & Navaratne, S. B. (2015). Determinación de los cambios que se producen en las propiedades químicas de la grasa utilizada repetidamente para freír alimentos. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2(12), 3521-3525. https://www.researchgate.net/publication/288823994_Determination_Of_Changes_Occurring_In_Chemical_Properties_Of_Fat_Repeatedly_Used_For_Food_Frying
- Gutiérrez, D. (2019). *Evaluación de acrilamida en la fritura de papa (Solanum tuberosum) Diacol-capiro tipo bastón, utilizando dos tipos de aceite*. Universidad Técnica del Norte.
- Gutiérrez, M. (2019). *Estructuración de aceite vegetal mediante interesterificación y organogelación (Vegetable oil structuration by interesterification and organogelation)*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Habarakada, Perumpuli, P. A. B. N., Thatsaranee, W. T. V., & Wanninaika, I. P. (2021). Physical, chemical, and nutritional quality parameters of three different types of oil: determination of their reusability in deep frying. *Journal Homepage*, 5(5), 226–235. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).079](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).079)

- Juárez, M. S. N. (2007). Revisión El deterioro de los aceites durante la fritura. *Juárez, N. Sammán Rev Esp Nutr Comunitaria*, 13(2), 82–94.
- Jurid, L. S., Zubairi, S. I., Kasim, Z. M., & Kadir, I. A. A. (2020). The effect of repetitive frying on physicochemical properties of refined, bleached and deodorized Malaysian tenera palm olein during deep-fat frying. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(7), 6149–6160. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2020.05.015>
- Mohanavidhya, & Shamalabanu, P. (2015). Assessment of Physicochemical Parameters and Storage Stability of Reused Oils. *FoodSci: Indian Journal of Research in Food Science and Nutrition*, 2(2), 49–55. <https://doi.org/10.15613/fijrnf/2015/v2i2/96644>
- Montes O., N., Millar M., I., Provoste L., R., Martínez M., N., Fernández Z., D., Morales I., G., & Valenzuela B., R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87–91. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Murga, G., Ortiz, F., & Policarpo, M. (2015, September 30). *Densidad de los aceites y grasas / PPT*. <https://es.slideshare.net/mariapolicarpohuaman/densidad-de-los-aceites-y-grasas-53358699>
- Nduka, J. K. C., Omozuwa, P. O., & Imanah, O. E. (2021). Effect of heating time on the physicochemical properties of selected vegetable oils. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(4), 103063. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2021.103063>
- NTE INEN 26. (2012). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 26:2012 Primera revisión*. <https://ia801901.us.archive.org/11/items/ec.nte.0026.2012/ec.nte.0026.2012.pdf>
- Obando, G. (2017, February 14). *Nte Inen 35-1 / Densidad*. <https://es.scribd.com/document/339261140/NTE-INEN-35-1>
- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., & Akinsola, A. O. (2018). Frying of Food: A Critical Review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(2), 107–127. <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1333936>
- Paunović, D. M., Demin, M. A., Petrović, T. S., Marković, J. M., Vujasinović, V. B., & Rabrenović, B. B. (2020). Quality parameters of sunflower oil and palm olein during multiple frying. *Journal of Agricultural Sciences*, 65(1), 61–68. <https://doi.org/10.2298/JAS2001061P>
- Pilco, F. (2021). “*ESTUDIO DE CALIDAD DE LOS ACEITES VEGETALES USADOS EN LOS NEGOCIOS DE COMIDA RAPIDA EN LAS PARROQUIAS LIZARZABURO, VELOZ Y YARUQUÍES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA Y SU INCIDENCIA EN LA SALUD.*”
- Ramírez, T. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.
- Rivera, Y., Gutiérrez Carlos, Gómez, R., Matute, M., & Izaguirre, C. (2014). Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería*, 35. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550626005>
- Rodríguez Arzave, J. A., Ruiz Loaiza, L., Santoyo Stephano, M. A., & Miranda Velásquez, L. G. (2016). *Determinación de índice de acidez y acidez total de cinco mayonesas*.

- Rodríguez, J., Maldonado, J., Muro, M., & Miranda, L. (2016). *Índice de saponificación de cinco mantecas determinado mediante un micrométodo*. <http://eprints.uanl.mx/23913/1/113.pdf>
- Rodríguez, P., & Luna, A. (2015, November 28). *Índice de yodo*. <https://es.slideshare.net/Pedro-juli/informe-practica-3-indice-de-yodo>
- Sacome. (2017, March 21). *Minimizar el consumo de energía en el refinado de aceites vegetales*. <https://www.sacome.com/caso-estudio-refinado-aceites-vegetales/>
- Shasty, C., Patel, A., Joshi, H., & Aswathanarayana, B. (2011). EVALUATION OF EFFECT OF REUSED EDIBLE OILS ON VITAL ORGANS OF WISTAR RATS. *Original Article Nitte University Journal of Health Science NUJHS, I(4), 1*.
- Singh, M., Kumar, A., Kumar, R., Satheesh Kumar, P., Selvakumar, P., & Chourasia, A. (2022). Effects of Repeated Deep Frying on Refractive Index and Peroxide Value of Selected Vegetable Oils. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology, 9(3)*. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.9.3.6>
- Tabasum, S., Asghar, S., Naz Ashraf, S., Badaruddin Ahmad, H., Akhtar, N., & Mohammed Khan, K. (2012). Physicochemical Characterization and Frying Quality of Canola and Sunflower Oil Samples. *J.Chem.Soc.Pak, 34(3), 513*.
- Tirado, D. F., Diofanor Acevedo Correa, & Luis Enrique Guzmán. (2013). *FREÍDO POR INMERSIÓN DE LOS ALIMENTO*. https://www.researchgate.net/publication/258519821_Freido_por_inmersion_de_los_alimentos#fullTextFileContent
- Toledo, M. (n.d.). *Análisis de aceites y grasas comestibles: Todo lo que necesita saber*. Retrieved September 30, 2024, from <https://www.mt.com/es/es/home/applications/laboratory/food-and-beverages/edible-oil-fats.html>
- Torres, J. (2021, January 17). *Tipos y técnicas para la fritura en los alimentos*. Heraldo de México. <https://heraldodemexico.com.mx/gastrolab/2020/1/17/tipos-tecnicas-para-la-fritura-en-los-alimentos-146019.html>
- Valdés, N. (2021, December 28). *¿Qué elementos o compuestos contienen las frituras?* <https://todosloshechos.es/que-elementos-o-compuestos-contienen-las-frituras>
- Valenzuela B, A., & Morgado T, N. (2005). LAS GRASAS Y ACEITES EN LA NUTRICION HUMANA: ALGO DE SU HISTORIA. *Revista Chilena de Nutrición, 32(2), 88–94*. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182005000200002>
- Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., Rubio-Covarrubias, O. Á., Torres-Cervantes, C. M., Ayala-Rosas, A. R., Vargas-Vázquez, Ma. L. P., Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., Rubio-Covarrubias, O. Á., Torres-Cervantes, C. M., Ayala-Rosas, A. R., & Vargas-Vázquez, Ma. L. P. (2016). Efecto ambiental en características físicoquímicas de papas de la Mesa Central de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(5), 1051–1064*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501051&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Velasco; L., & Ruiz; M. (2015). *Chemistry, Production, Processing, and Utilization* (Enrique Martínez-Force Nurhan Turgut Dunford Joaquín J. Salas, Ed.). <https://newtonschools.sch.qa/wp-content/uploads/Sunflower-chemistry-production->

processing-and-utilization-by-Dunford-Nurhan-Turgut-Martinez-Force-Enrique-Salas-Joaquin-J-z-lib.org_.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 13. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite vegetal de palma utilizado en la primera producción de papas fritas.

Fritura	Muestra	Índice de peróxido (meqO ₂ /Kg)	Acidez libre (ácido oleico)	Índice de yodo (g de yodo/g de muestra)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	Densidad relativa
Fritura 0	1	0,4969	0,0562	63,6284	126,8474	0,9114
	2	0,4972	0,0561	63,8937	122,0519	0,9114
	3	0,4969	0,0559	62,9499	124,7825	0,9114
Fritura 1	1	1,4916	0,0562	64,8079	125,3831	0,9114
	2	1,4914	0,0560	65,1246	118,2848	0,9114
	3	1,4912	0,0557	63,8758	122,5986	0,9114
Fritura 2	1	2,9821	0,1118	65,5944	128,1713	0,9132
	2	3,4788	0,1684	64,4630	128,8540	0,9132
	3	2,9824	0,1118	64,2611	125,0132	0,9133
Fritura 3	1	5,4688	0,1123	63,0337	133,6709	0,9132
	2	5,4667	0,0556	62,3905	130,9282	0,9132
	3	5,9651	0,1123	63,0337	135,0854	0,9132
Fritura 4	1	7,4497	0,1113	63,5083	137,0079	0,9134
	2	7,9531	0,1671	64,1563	138,4948	0,9134
	3	7,9424	0,1684	64,2159	137,7474	0,9134
Fritura 5	1	9,4213	0,2229	62,4003	145,3510	0,9133
	2	9,4419	0,1684	62,6884	148,0862	0,9133
	3	9,4316	0,2245	63,6284	148,0862	0,9133
Fritura 6	1	11,9006	0,3333	65,3205	155,3337	0,9141
	2	12,9135	0,2813	64,4162	158,2049	0,9141
	3	13,3955	0,3368	64,4252	158,1972	0,9141
Fritura 7	1	12,4131	0,3331	65,7732	168,1138	0,9141
	2	13,4102	0,3368	65,4124	164,8718	0,9141
	3	13,4175	0,3329	63,0524	162,7373	0,9141
Fritura 8	1	13,8696	0,3928	65,2562	169,9578	0,9146
	2	15,3724	0,3375	65,6685	167,7517	0,9142
	3	15,3671	0,3361	63,6204	170,5125	0,9127
Fritura 9	1	15,3640	0,3895	65,5874	178,4975	0,9144
	2	15,4122	0,4432	65,1388	179,3776	0,9162
	3	16,3894	0,4452	62,9256	175,5010	0,9148
Fritura 10	1	17,3939	0,5063	65,0769	186,1332	0,9125
	2	17,8678	0,5614	63,3603	189,5639	0,9125
	3	18,8839	0,5589	64,1629	199,7863	0,9125
Fritura 11	1	17,9007	0,6121	62,8864	198,9168	0,9125
	2	18,3988	0,5623	62,0864	198,5477	0,9125
	3	18,3961	0,6174	64,4132	207,5405	0,9125
Fritura 12	1	20,3838	0,6677	65,5550	201,5732	0,9136
	2	20,3818	0,7279	63,3359	205,6854	0,9136
	3	21,3803	0,7298	63,9021	206,6755	0,9136

Anexo 2.

Tabla 14. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de palma utilizado en la segunda producción de papas fritas.

Fritura	Muestra	Índice de peróxido (meqO ₂ /Kg)	Acidez libre (ácido oleico)	Índice de yodo (g de yodo/g de muestra)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	Densidad relativa
Fritura 0	1	0,4967	0,0562	65,6909	126,7089	0,9114
	2	0,4971	0,0561	65,0613	121,9744	0,9114
	3	0,4961	0,0560	65,3746	124,5815	0,9132
Fritura 1	1	0,9933	0,0563	65,4251	125,5867	0,9114
	2	0,9917	0,0561	63,7841	118,4474	0,9114
	3	0,9907	0,0562	64,8394	122,2646	0,9114
Fritura 2	1	3,4786	0,1120	64,5148	128,3115	0,9132
	2	2,9784	0,1683	64,1218	128,9241	0,9120
	3	3,4793	0,1118	62,5692	125,0132	0,9133
Fritura 3	1	5,4515	0,1682	63,3021	133,4523	0,9132
	2	5,4461	0,1114	62,9453	130,0995	0,9132
	3	5,4694	0,1682	62,0738	135,3092	0,9132
Fritura 4	1	6,9420	0,1119	62,3716	137,2934	0,9134
	2	7,4553	0,1676	63,4500	138,4204	0,9133
	3	7,4501	0,1683	64,4853	137,9419	0,9133
Fritura 5	1	7,9338	0,1683	62,6380	145,1948	0,9133
	2	9,4111	0,1684	64,1930	148,1731	0,9134
	3	9,4358	0,2243	62,6594	148,7406	0,9131
Fritura 6	1	11,8877	0,3351	65,7513	155,4848	0,9142
	2	11,8994	0,3331	64,1218	158,0512	0,9143
	3	12,9276	0,3363	63,3021	157,9745	0,9141
Fritura 7	1	12,9064	0,3353	63,9021	168,6652	0,9141
	2	13,3749	0,3370	64,4162	164,9198	0,9141
	3	13,3842	0,3338	62,6943	162,9952	0,9141
Fritura 8	1	13,9068	0,3927	65,3162	169,8481	0,9115
	2	13,8628	0,3371	65,3335	167,9232	0,9100
	3	15,4037	0,3360	64,8177	169,9749	0,9142
Fritura 9	1	15,3724	0,3926	64,9283	178,8537	0,9129
	2	15,3716	0,4471	64,5558	179,4389	0,9121
	3	16,3812	0,4463	62,9791	175,8621	0,9115
Fritura 10	1	17,3284	0,5050	64,3916	186,1877	0,9126
	2	17,8998	0,5609	63,0337	189,6745	0,9125
	3	17,8704	0,5599	63,5677	199,9140	0,9125
Fritura 11	1	17,8315	0,6125	62,0738	198,8203	0,9125
	2	18,3477	0,5621	61,4500	198,6253	0,9126
	3	18,3951	0,6172	63,6204	207,5817	0,9126
Fritura 12	1	19,3491	0,6675	65,0616	201,7397	0,9136
	2	19,3088	0,7287	64,6736	205,2639	0,9137
	3	20,3403	0,7293	62,7105	207,0314	0,9136

Anexo 3.

Tabla 15. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de palma utilizado en la tercera producción de papas fritas.

Fritura	Muestra	Índice de peróxido (meqO ₂ /Kg)	Acidez libre (ácido oleico)	Índice de yodo (g de yodo/g de muestra)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	Densidad relativa
Fritura 0	1	0,4964	0,0562	63,2450	123,9241	0,9114
	2	0,4963	0,0561	65,0613	1219744	0,9113
	3	0,4967	0,0559	63,3021	117,7363	0,9132
Fritura 1	1	1,4905	0,0561	65,4251	118,6863	0,9114
	2	1,4853	0,0559	63,7841	118,4474	0,9113
	3	1,4875	0,0561	64,8394	122,2646	0,9114
Fritura 2	1	2,4803	0,1122	64,5148	129,7061	0,9132
	2	2,9828	0,1118	64,1218	128,9241	0,9139
	3	3,4672	0,1122	62,5692	125,0132	0,9132
Fritura 3	1	4,4630	0,1680	63,3021	136,2325	0,9132
	2	5,4629	0,1666	61,4500	132,8099	0,9142
	3	4,4712	0,1679	62,0738	135,3092	0,9131
Fritura 4	1	6,9482	0,1683	62,9791	134,5748	0,9133
	2	6,9451	0,1680	62,6594	138,4204	0,9133
	3	6,9493	0,1673	64,4853	137,9419	0,9134
Fritura 5	1	7,9216	0,1679	62,6380	147,9344	0,9134
	2	8,4250	0,1673	63,5972	150,9171	0,9134
	3	7,9468	0,2231	63,2159	151,4951	0,9134
Fritura 6	1	10,4131	0,3359	63,9581	152,7570	0,9141
	2	10,4291	0,3358	65,3431	155,3262	0,9142
	3	12,9058	0,3903	63,3021	155,2508	0,9141
Fritura 7	1	12,8783	0,3918	66,3135	167,2713	0,9143
	2	13,4141	0,3929	64,4162	164,9198	0,9142
	3	13,3809	0,3902	65,6992	162,9952	0,9142
Fritura 8	1	13,8683	0,3920	64,7330	171,2403	0,9143
	2	13,9068	0,4488	65,3335	167,9232	0,9124
	3	14,3799	0,3912	62,3916	169,9749	0,9131
Fritura 9	1	15,3930	0,4460	64,9283	178,8537	0,9122
	2	15,3617	0,4461	63,6204	179,4389	0,9127
	3	15,4137	0,4470	63,5677	177,2360	0,9143
Fritura 10	1	16,3626	0,5041	65,6065	183,4497	0,9125
	2	16,3731	0,5041	64,2231	185,5809	0,9126
	3	17,8315	0,5577	62,3905	187,5055	0,9125
Fritura 11	1	17,8767	0,5587	62,0738	194,7349	0,9126
	2	17,8580	0,5599	64,3916	195,8856	0,9125
	3	18,3842	0,6157	63,0337	207,5817	0,9126
Fritura 12	1	19,3654	0,6132	66,2554	205,8290	0,9138
	2	19,3356	0,6719	64,6736	209,3692	0,9137
	3	19,3673	0,6677	65,6685	211,1721	0,9138

Anexo 4.

Tabla 16. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de girasol utilizado en la primera producción de papas fritas.

Fritura	Muestra	Índice de peróxido (meqO ₂ /Kg)	Acidez libre (ácido oleico)	Índice de yodo (g de yodo/g de muestra)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	Densidad relativa
Fritura 0	1	0,4970	0,0562	127,2568	132,2522	0,9114
	2	0,4971	0,0563	128,2594	134,9360	0,9114
	3	0,4967	0,0562	127,3107	131,9902	0,9132
Fritura 1	1	0,4961	0,0562	127,5496	132,2719	0,9114
	2	0,9906	0,1124	129,0308	133,4457	0,9114
	3	0,9928	0,0562	127,1343	133,6046	0,9114
Fritura 2	1	1,4891	0,1122	125,4278	129,3588	0,9132
	2	1,4859	0,1124	128,2594	127,9869	0,9132
	3	1,9846	0,1125	126,5452	128,7269	0,9133
Fritura 3	1	1,9853	0,1124	128,4389	149,6222	0,9132
	2	1,9838	0,1122	126,3685	148,1251	0,9132
	3	2,4779	0,1684	128,8505	151,7646	0,9132
Fritura 4	1	2,4818	0,1686	126,7224	149,9926	0,9134
	2	2,9709	0,1124	127,1944	148,9014	0,9134
	3	3,4698	0,1686	127,1343	150,3723	0,9134
Fritura 5	1	3,9692	0,1684	127,5496	142,6177	0,9133
	2	5,4664	0,1685	128,2594	142,5528	0,9133
	3	6,9424	0,1688	129,1513	141,2893	0,9133
Fritura 6	1	7,4279	0,1125	130,9665	160,0989	0,9141
	2	6,4532	0,1124	130,6237	159,0634	0,9141
	3	7,9385	0,1687	126,6632	161,4869	0,9141
Fritura 7	1	7,9251	0,2249	126,5485	157,5385	0,9141
	2	8,4342	0,2245	128,9105	161,6474	0,9141
	3	9,9270	0,2806	128,9105	159,9155	0,9141
Fritura 8	1	10,4074	0,3374	124,9154	164,3120	0,9121
	2	12,4069	0,3371	128,3654	165,7148	0,9125
	3	10,9187	0,3929	131,1536	161,7277	0,9129
Fritura 9	1	13,3743	0,3936	128,1401	159,8885	0,9137
	2	12,8930	0,3366	128,8505	157,9579	0,9147
	3	13,4048	0,3934	128,4840	156,0006	0,9097
Fritura 10	1	15,3633	0,5060	126,6042	174,8908	0,9125
	2	15,3572	0,5607	127,5436	172,6497	0,9125
	3	16,3820	0,5059	127,1343	172,0944	0,9125
Fritura 11	1	16,3642	0,5618	130,1385	175,0780	0,9125
	2	15,3976	0,6742	129,3813	169,4073	0,9125
	3	17,3456	0,7308	129,0308	169,8144	0,9125
Fritura 12	1	17,8713	0,6179	126,5452	171,2387	0,9136
	2	19,3395	0,7858	126,7821	173,7525	0,9136
	3	20,8178	1,0083	127,0773	168,5093	0,9136

Anexo 5.

Tabla 17. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de girasol utilizado en la segunda producción de papas fritas.

Fritura	Muestra	Índice de peróxido (meqO ₂ /Kg)	Acidez libre (ácido oleico)	Índice de yodo (g de yodo/g de muestra)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	Densidad relativa
Fritura 0	1	0,4964	0,0562	126,6069	130,8731	0,9114
	2	0,4961	0,0562	128,1401	133,6112	0,9114
	3	0,4963	0,0562	128,3192	133,6443	0,9132
Fritura 1	1	1,4885	0,1125	126,4381	135,0499	0,9114
	2	1,4893	0,0562	127,1958	132,1407	0,9114
	3	1,9828	0,1121	127,1311	132,4231	0,9114
Fritura 2	1	1,9825	0,1125	128,4840	130,8146	0,9132
	2	1,9849	0,1125	123,1421	130,6979	0,9132
	3	1,9824	0,1124	126,6665	129,0123	0,9133
Fritura 3	1	1,9854	0,1124	126,4863	151,6968	0,9131
	2	2,4548	0,1683	128,3654	151,6141	0,9132
	3	2,4682	0,1687	128,3722	150,5317	0,9132
Fritura 4	1	2,9778	0,1687	128,4389	153,1722	0,9134
	2	3,9714	0,1125	127,7240	152,3328	0,9134
	3	3,4741	0,1684	128,9012	152,0136	0,9134
Fritura 5	1	4,9588	0,1687	128,5063	147,8224	0,9133
	2	4,4603	0,1685	128,2594	149,7257	0,9133
	3	4,4436	0,1680	132,2249	150,3872	0,9133
Fritura 6	1	5,4062	0,2250	131,2759	164,2141	0,9141
	2	6,3554	0,2241	127,9764	161,3748	0,9141
	3	7,4342	0,1687	127,0773	161,1670	0,9141
Fritura 7	1	9,4269	0,2248	125,7884	160,0392	0,9141
	2	8,9357	0,2812	127,6684	159,8526	0,9141
	3	9,9275	0,2811	128,3126	161,1750	0,9141
Fritura 8	1	10,9214	0,3359	125,9045	155,7252	0,9143
	2	11,9113	0,2812	128,4389	156,4796	0,9137
	3	10,9095	0,3370	130,2753	155,7870	0,9129
Fritura 9	1	12,4076	0,3372	128,3061	156,0423	0,9117
	2	11,9077	0,3920	130,4414	160,1345	0,9125
	3	13,9075	0,3916	127,0176	160,3096	0,9123
Fritura 10	1	15,8856	0,3368	128,3790	169,9831	0,9125
	2	14,8112	0,4495	124,0594	171,7206	0,9125
	3	15,2966	0,3931	126,6643	171,6443	0,9125
Fritura 11	1	15,3892	0,5052	128,8505	169,7976	0,9125
	2	16,7860	0,5621	127,7279	171,0875	0,9125
	3	16,7150	0,5054	128,1401	169,2936	0,9125
Fritura 12	1	19,3079	0,5624	126,4957	175,4517	0,9136
	2	20,2559	0,6178	130,1238	171,3509	0,9136
	3	20,3313	0,8431	130,5021	170,8926	0,9136

Anexo 6.

Tabla 18. Resultados de la evaluación de la calidad de aceite de girasol utilizado en la tercera producción de papas fritas.

Fritura	Muestra	Índice de peróxido (meqO ₂ /Kg)	Acidez libre (ácido oleico)	Índice de yodo (g de yodo/g de muestra)	Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	Densidad relativa
Fritura 0	1	0,4964	0,1125	126,6069	132,2785	0,9114
	2	0,4966	0,0562	127,5496	129,5773	0,9114
	3	0,4962	0,0562	128,3192	129,4808	0,9132
Fritura 1	1	1,9856	0,1125	125,2834	127,7588	0,9114
	2	0,9934	0,1123	127,1958	129,3652	0,9114
	3	0,9932	0,1125	127,1311	127,9171	0,9114
Fritura 2	1	1,4884	0,1686	128,4840	129,3717	0,9132
	2	1,4821	0,1124	123,1421	129,5709	0,9132
	3	1,9814	0,1124	126,6665	127,7904	0,9133
Fritura 3	1	2,4735	0,1688	126,4863	144,7311	0,9131
	2	2,4797	0,1686	128,3654	144,2659	0,9132
	3	3,4743	0,1688	128,3722	147,4998	0,9132
Fritura 4	1	5,4629	0,1687	128,2594	142,0112	0,9134
	2	4,4233	0,1126	128,4389	142,9352	0,9134
	3	5,4550	0,0563	128,9012	143,2471	0,9134
Fritura 5	1	4,4729	0,1687	128,5063	165,7044	0,9133
	2	7,3696	0,2251	128,2594	164,3772	0,9133
	3	7,4464	0,1685	132,2249	163,4922	0,9133
Fritura 6	1	5,8922	0,1685	131,2759	164,1246	0,9141
	2	5,4547	0,1687	127,9764	165,7867	0,9139
	3	5,8571	0,2250	127,0773	167,0886	0,9144
Fritura 7	1	9,4372	0,2806	125,7884	156,9444	0,9141
	2	9,9275	0,2805	127,6684	156,1481	0,9133
	3	9,9236	0,2812	128,3126	156,0346	0,9141
Fritura 8	1	11,2983	0,2808	125,9045	155,7947	0,9129
	2	12,4045	0,3341	128,4389	157,1156	0,9135
	3	11,4053	0,3367	130,2753	155,2097	0,9149
Fritura 9	1	11,9332	0,3347	128,3061	161,6153	0,9121
	2	12,4310	0,3938	128,0805	160,2300	0,9127
	3	11,4059	0,3936	127,0176	161,5030	0,9133
Fritura 10	1	13,3736	0,4488	128,3790	175,0000	0,9125
	2	12,7733	0,5061	124,0594	175,3473	0,9126
	3	15,3877	0,5626	126,6643	172,5811	0,9125
Fritura 11	1	16,8609	0,6186	128,8505	169,8397	0,9125
	2	15,8243	0,5052	128,9105	169,6965	0,9125
	3	15,3884	0,6752	128,1401	172,3929	0,9125
Fritura 12	1	17,3577	0,6745	126,4957	171,2743	0,9136
	2	18,1756	0,6179	128,9515	175,4343	0,9136
	3	16,7852	0,7314	130,5021	175,4169	0,9136

Anexo 7

Representación gráfica de los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos:

Índice de peróxido del aceite vegetal de palma y girasol:

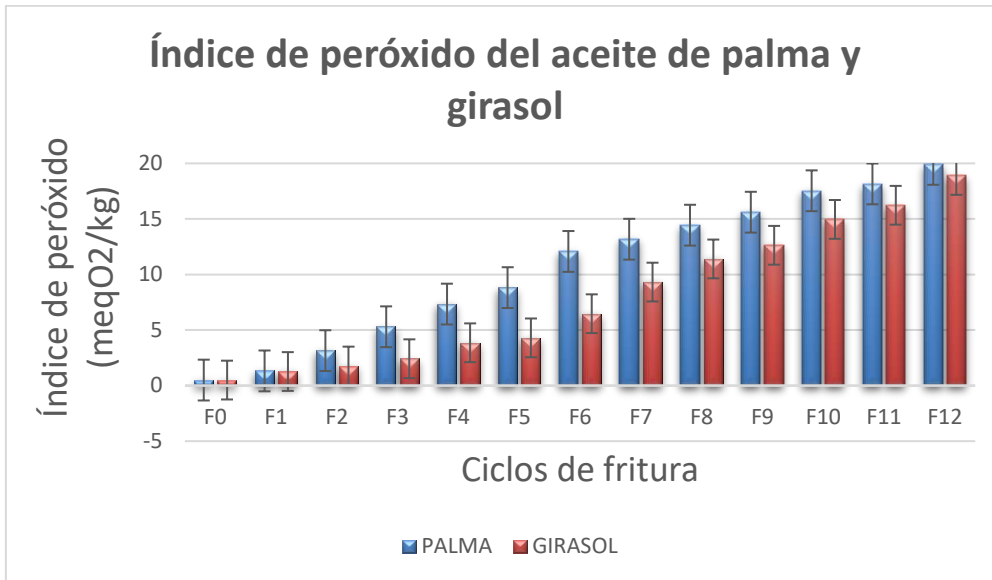


Figura 3. Representación gráfica del índice de peróxido.

Acidez libre del aceite vegetal de palma y girasol:

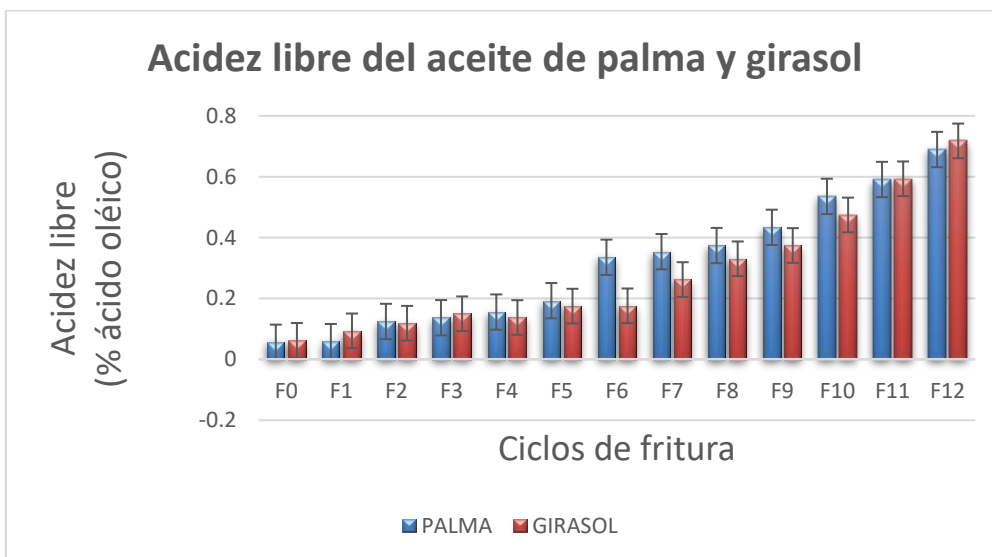


Figura 4. Representación gráfica de la acidez libre.

Índice de yodo del aceite vegetal de palma y girasol:

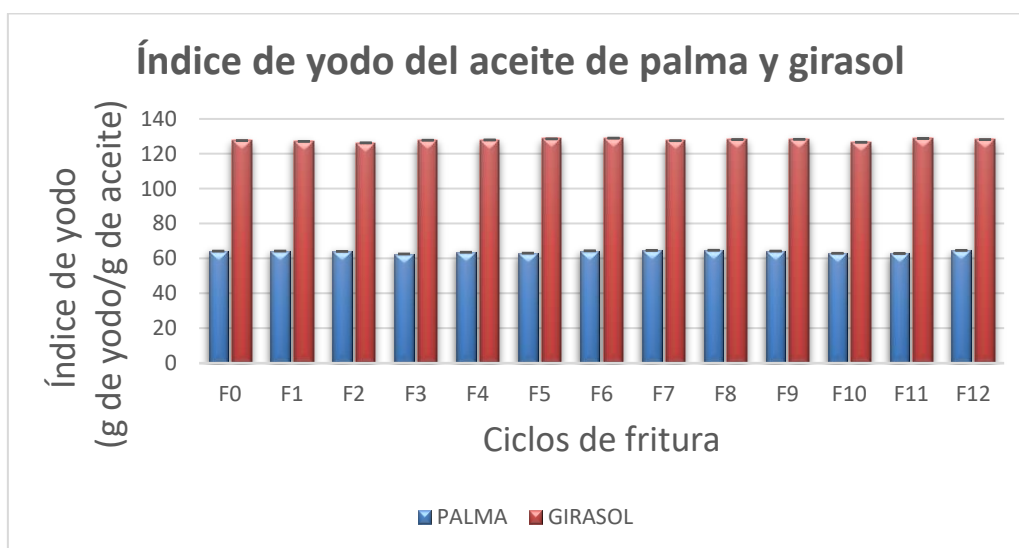


Figura 5. Representación gráfica del índice de yodo.

Índice de saponificación del aceite vegetal de palma y girasol:

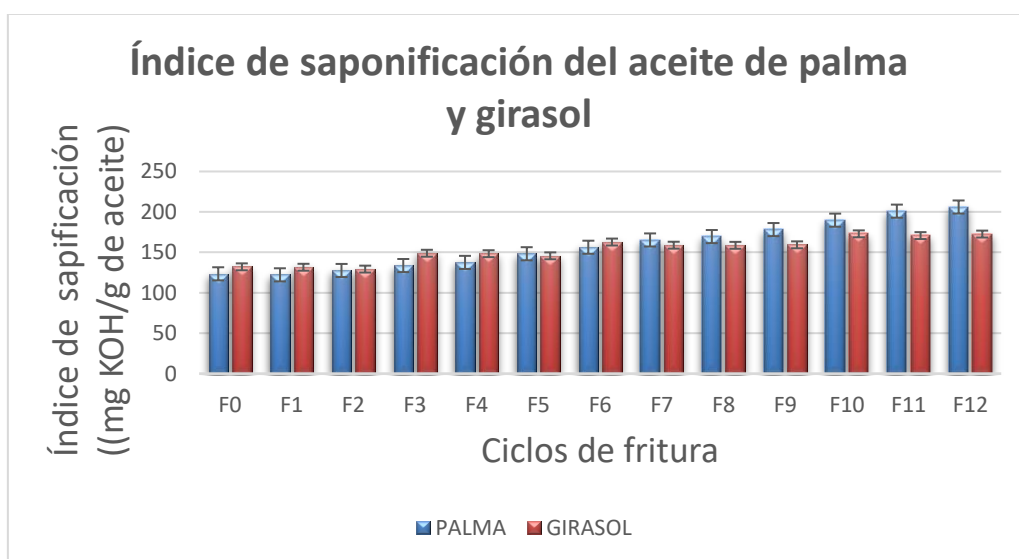


Figura 6. Representación gráfica de la acidez libre.

Densidad relativa del aceite vegetal de palma y girasol:

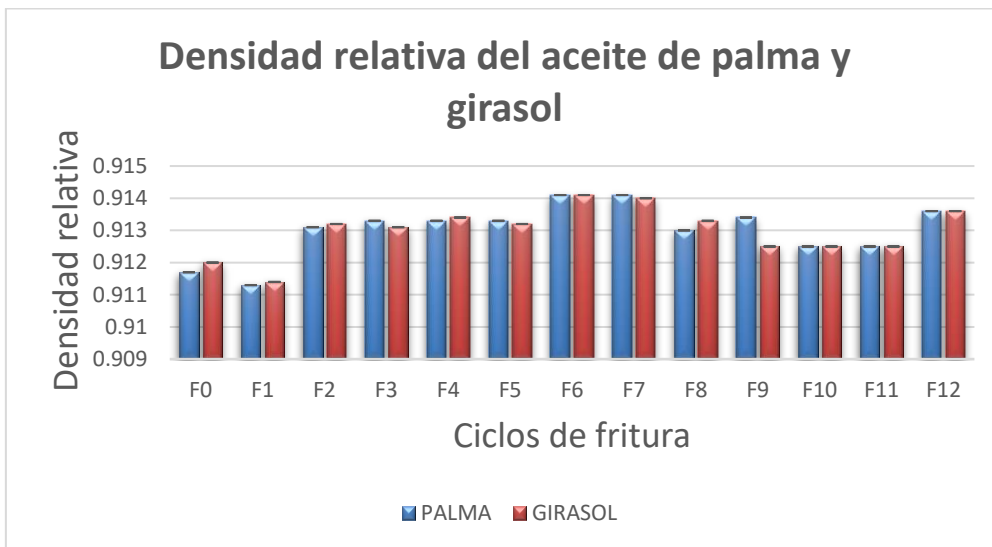


Figura 7. Representación gráfica de densidad relativa.

Anexo 8

Registro fotográfico: Fase experimental y métodos de análisis calidad del aceite vegetal.

Preparación de las papas tipo francesa



Figura 8. Toma de temperatura y peso de las papas tipo francesa.



Figura 9. Fritura profunda y almacenamiento de las muestras a analizar.

Densidad del aceite vegetal de palma y girasol:



Figura 10. Peso del picnómetro vacío.

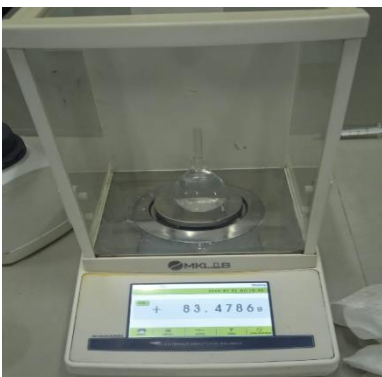


Figura 11. peso del picnómetro con agua.



Figura 12. Peso del picnómetro con la muestra del aceite de palma.



Figura 13. Peso del picnómetro con la muestra del aceite de girasol.

Acidez libre



Figura 14. Acidez libre del aceite vegetal de palma.



Figura 15. Acidez libre del aceite de girasol.

Índice de saponificación



Figura 16. Índice de saponificación del aceite vegetal de palma y girasol.

Índice de yodo



Figura 17. Índice de yodo del aceite vegetal de palma y girasol.

Índice de peróxidos

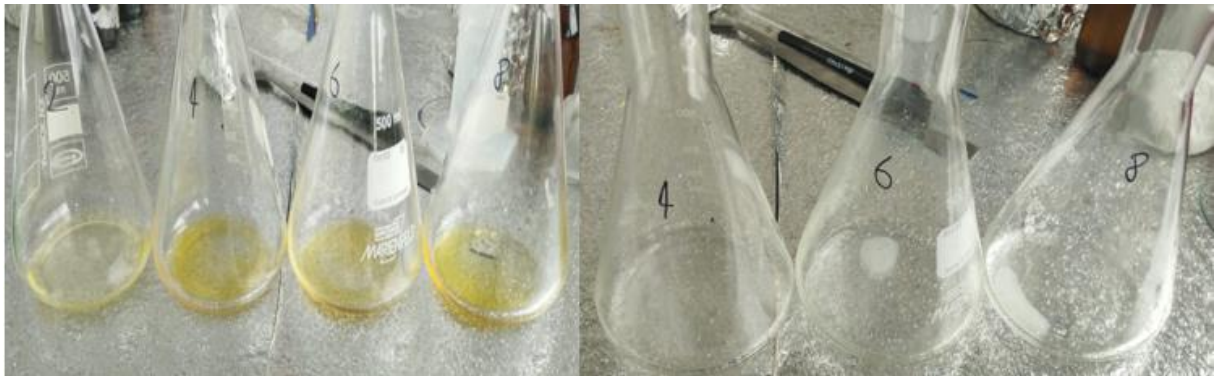


Figura 18. Índice de peróxido del aceite vegetal de palma.



Figura 19. Índice de peróxido del aceite vegetal de girasol.