

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“EFECTO DEL NÚMERO DE CICLOS DE FRITADO DE PAPA BLANCA Y TIPOS DE ACEITE VEGETAL EN LA ESTABILIDAD Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS POLARES DE CADA ACEITE RESIDUAL”

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

AUTOR: ESTRELLA ESTEFANÍA CUEVA PAREDES

ASESORA: DRA. LUZ PAUCAR MENACHO

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2021



“Año de la Universalización de la Salud”

FORMATO N° 04

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

Informe del Asesor del

Informe de Tesis para obtener el Título Profesional

1. Apellidos y Nombres: **Cueva Paredes Estrella Estefanía**
2. Código: **0201212054**
3. Título del informe de Tesis:
“EFECTO DEL NÚMERO DE CICLOS DE FRITADO DE PAPA BLANCA Y TIPOS DE ACEITE VEGETAL EN LA ESTABILIDAD Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS POLARES DE CADA ACEITE RESIDUAL”
4. Evaluación del contenido:
Este Informe de tesis, ha sido desarrollado en su totalidad, de acuerdo con el Proyecto de Tesis aprobado con la Resolución N ° 019-2018-UNS-CFI. **Cada una de las etapas de ésta tesis fue revisadas por mí persona** siguiendo con el procedimiento y sugerencias del jurado evaluador de PTI, cumpliendo así con lo establecido con el reglamento académico. Por lo cual puedo constatar que las fuentes de información recopiladas son confiables y contribuyen al desarrollo de la tesis, asimismo los datos y resultados obtenidos son favorables a la investigación desarrollada en dicha tesis.
5. Observaciones:
La tesis está concluida y redactada al 100%
6. Certificación de aprobación:
Yo, **Luz María Paucar Menacho** doy mi aprobación a esta tesis que ya está concluida y redactada al 100%.

Fecha: 04 de Noviembre del 2020

Asesora: Dra. Luz María Paucar Menacho

DNI: 08099817



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE AVAL DE JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DEL NÚMERO DE CICLOS DE FRITADO DE PAPA BLANCA Y TIPOS DE ACEITE VEGETAL EN LA ESTABILIDAD Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS POLARES DE CADA ACEITE RESIDUAL”, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por la bachiller CUEVA PAREDES ESTRELLA ESTEFANÍA, teniendo como asesor a la Dra. Luz María Paucar Menacho, designada mediante la resolución decanal N°600-2017-UNS-FI, ha sido revisada y aprobada el día 07 de abril del 2021 por el siguiente jurado evaluador, designados mediante resolución N°206-2017-UNS-CFI.


Dr. Augusto Castillo Calderón
Presidente


Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretaria


Ms. Williams Castillo Martínez
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 2:00 p.m., del siete de abril del dos mil veintiuno se habilitó la plataforma virtual Zoom, con el enlace: <https://uns-edu-pe.zoom.us/j/81157277116?pwd=L2FxeHFFWDJ4ekY3OUorWUIXcWJIQT09>, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 206-2017-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Augusto Castillo Calderón** (Presidente)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Secretaria)
- **Ms. Williams Castillo Martínez** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL NÚMERO DE CICLOS DE FRITADO DE PAPA BLANCA Y TIPOS DE ACEITE VEGETAL EN LA ESTABILIDAD Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS POLARES DE CADA ACEITE RESIDUAL”, elaborada por la bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **CUEVA PAREDES ESTRELLA ESTEFANÍA**

Asimismo, teniendo como asesor a la docente: **Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO**

Finalizada la sustentación, la tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CUEVA PAREDES ESTRELLA ESTEFANÍA	17	MUY BUENO

Siendo las 03:45 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 07 de abril del 2021.


Dr. Augusto Castillo Calderón
Presidente


Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretaria


Ms. Williams Castillo Calderón
Integrante

DEDICATORIA

A DIOS:

por haberme brindado el don de la perseverancia, ya que por su gracia pude superar cada obstáculo que se me presentó en el camino.

A MIS PADRES:

por ser los seres que me dieron la vida, me acompañaron durante este largo camino, me educaron y brindaron el apoyo necesario en todo momento.

A MI QUERIDA ASESORA:

Dra. Luz Paucar Menacho, por sus sabios consejos y enseñanzas no solo académicas sino de la vida misma.

A la UNS:

por haberme acogido durante estos 5 años de estudios, haberme brindado buenas amistades y recuerdos de mi etapa académica.

Estrella E. Cueva Paredes

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Papa.....	4
2.2 Aceites.....	5
2.2.1 Aceite vegetal comestible.....	5
2.2.2 Aceites vírgenes.....	6
2.2.3 Aceites prensados al frío.....	6
2.2.4 Aceite de girasol.....	6
2.2.5 Aceite de maíz.....	7
2.2.6 Aceite de soya.....	7
2.3 Ácidos grasos.....	8
2.3.1 Ácidos grasos poliinsaturados.....	10
2.3.2 Ácidos grasos saturados.....	10
2.3.3 Oxidación de los ácidos grasos.....	11
2.4 Reacciones más comunes durante la fritura.....	12
2.5 Compuestos polares.....	13
2.5.1 Método testo 270.....	15
2.6 Estabilidad oxidativa.....	16
2.6.1 Método rancimat.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18

3.1	Materias primas e insumos.....	18
3.2	Materiales y reactivos.....	18
3.2.1	Análisis proximal.....	18
3.2.2	Análisis fisicoquímico, estabilidad oxidativa y compuestos polares.....	19
3.3	Equipos.....	20
3.1	Análisis proximal.....	20
3.2	Análisis fisicoquímico.....	20
3.3	Análisis de estabilidad oxidativa.....	20
3.4	Análisis de compuestos polares.....	20
3.4	Procedimiento.....	20
3.4.1	Acondicionamiento de la papa.....	20
3.4.2	Procedimiento de freír.....	21
3.5	Métodos de análisis.....	23
3.5.1	Análisis de entrada (caracterización de la materia prima).....	23
a.	Caracterización fisicoquímica del aceite.....	23
b.	Caracterización proximal de la papa.....	24
3.5.2	Análisis de proceso.....	25
c.	Determinación de la estabilidad oxidativa.....	25
d.	Cuantificación de compuestos polares (TPM).....	25
3.5.3	Análisis de salida.....	26
e.	Caracterización fisicoquímica del aceite residual final.....	26
f.	Caracterización organolépticas de las papas fritas.....	26
3.6	Diseño experimental.....	27
3.6.1	Descripción del proceso de fritado.....	27
3.7	Diseño estadístico.....	29

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
4.1 Análisis químico proximal de la papa canchán pelada (sin cáscara)	30
4.1.2 Análisis fisicoquímico de los aceites vegetales	32
a. Determinación del color instrumental	33
b. Determinación del índice de acidez.....	38
c. Determinación del índice de yodo	40
d. Determinación del índice de peróxidos	42
e. Determinación de la densidad relativa.....	43
f. Determinación del índice de refracción.....	44
4.1.3 Análisis de calidad de los aceites vegetales.....	45
4.1.3.1 Determinación de la estabilidad oxidativa.....	45
4.1.3.2 Cuantificación de compuestos polares.....	49
4.1.4 Análisis sensorial de las papas fritas.....	53
4.1.4.1 Color	53
4.1.4.2 Olor	55
4.1.4.3 Sabor	56
4.2 Influencia de la relación masa de papa/volumen de aceite en eo y cp	58
4.3 Cinética de formación de compuestos polares	62
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	68
VIII. ANEXOS	78

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Composición proximal de variedades nativas de papa.....	5
Cuadro 2: Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura	9
Cuadro 3: Los ácidos grasos más comunes en la dieta.....	11
Cuadro 4: Lista de materiales y reactivos utilizados para el análisis proximal de papa Canchán.	18
Cuadro 5: Lista de materiales y reactivos utilizados para el análisis de aceites vegetales.....	19
Cuadro 6: Variables independientes y niveles.....	30
Cuadro 7: Composición química de la papa Canchán.....	31
Cuadro 8: Color instrumental en aceites vegetales antes y después del proceso de fritura.....	34
Cuadro 9: Índice de acidez (mg KOH/g) de aceites vegetales, antes y después del proceso de fritura (sexto ciclo).....	39
Cuadro 10: Índice de yodo de aceites vegetales en g yodo/100 g.....	41
Cuadro 11: Índice de peróxidos de los aceite vegetales	42
Cuadro 12: Densidad relativa en los aceites vegetales.....	43
Cuadro 13. Índice de refracción de los aceites vegetales	44
Cuadro 14: Variación de la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales después del proceso de fritura.....	46
Cuadro 15: Análisis de varianza para la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales residuales.....	48
Cuadro 16. Variación del % compuestos polares después del proceo de fritura.....	49
Cuadro 17: Análisis de varianza para la concentración de compuestos polares.	52
Cuadro 18: Análisis de varianza para el color de papas fritas.....	54
Cuadro 19: Análisis de varianza para el olor de papas fritas.....	56
Cuadro 20: Análisis de varianza para el sabor de papa frita	57
Cuadro 21: Estabilidad oxidativa para la relación masa de alimento/volumen de aceite.....	59
Cuadro 22. Concentración de compuestos polares para la relación masa de alimento/ volumen de aceite	61
Cuadro 23. Concentración de compuestos polares obtenidos a través del tiempo.	63
Cuadro 24: Orden de reacción del modelo cinético.	65

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Estructura del triglicérido en aceites vegetales	12
Figura 2: a) Representación esquemática de un capacitador, b) Diseño técnico del sensor de aceite	15
Figura 3. Flujograma del proceso de fritado de papa Canchán.....	22
Figura 4: Formato para análisis sensorial de las papas fritas.....	27
Figura 5: Papa Canchán lavada.....	28
Figura 6: Pesado de papa Canchán	28
Figura 7: Medición del % compuestos polares.....	29
Figura 8: Luminosidad (L^*) de los aceites vegetales	36
Figura 9: Coordenada a^* para los aceites vegetales utilizados.....	37
Figura 10: Coordenada b^* para los aceites vegetales utilizados.....	38
Figura 11: Variación del índice de acidez de los aceites vegetales antes y después del proceso de fritura.....	40
Figura 12: Variación del índice de yodo antes y después del proceso de fritura.....	41
Figura 13. Variación del índice de peróxidos después del proceso de fritura	43
Figura 14. Variación de la densidad relativa después del proceso de fritura.....	44
Figura 15. Variación del índice de refracción después del proceso de fritura.....	45
Figura 16. Efecto del ciclo de fritura en la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales	47
Figura 17. Efecto del ciclo de fritura en la concentración de compuestos polares.	50
Figura 18: Gráfico de medias para el color de papas fritas.	55
Figura 19. Gráfico de medias para el olor de papas fritas.	56
Figura 20. Gráfico de medias para el sabor.	58
Figura 21. Relación masa/volumen en la estabilidad oxidativa.....	60
Figura 22. Relación masa/volumen en la concentración de compuestos polares (%).	62
Figura 23. Cinética de formación de compuestos polares	64

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto del número de ciclos de fritado (F) de papa blanca y el tipo de aceite vegetal (A) utilizado en la estabilidad oxidativa (EO) y concentración de compuestos polares (CP) de cada aceite residual. Así mismo, se obtuvo el modelo cinético de formación de compuestos polares, se determinó la influencia de la relación masa/volumen de la papa y el aceite utilizado durante el proceso de fritura y se evaluó sensorialmente el color, olor y sabor de las papas fritas resultantes de la fritada del día 1 y día 6. Para ello, se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un total de 18 tratamientos, donde los valores para los niveles fueron F (1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6°) y A (aceite de girasol, aceite de maíz y aceite de soya). Los resultados de EO y CP muestran que la interacción de F y A tuvieron influencia significativa en la disminución de estabilidad oxidativa y el aumento de la concentración de compuestos polares, respectivamente, y que la susceptibilidad del aceite para oxidarse depende directamente de la composición de ácidos grasos en cada aceite vegetal. El análisis de color, olor y sabor nos mostraron que el número de ciclos de fritado afecta negativamente a cada atributo sensorial. El proceso de fritura continua y sin renovación de aceite disminuye hasta 22.3% de la EO inicial, sin embargo, la CP aumenta hasta 15.8 %.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the effect of the number of frying cycles (F) of white potato and the type of vegetable oil (A) used in the oxidative stability (EO) and concentration of polar compounds (CP) of each residual oil. Likewise, the kinetic model of the formation of polar compounds was obtained, the influence of the mass / volume relationship of the potato and the oil used during the frying process was determined and the color, odor and flavor of the French fries were sensory evaluated. resulting from frying on day 1 and day 6. For this, a completely randomized experimental design (DCA) was used with a total of 18 treatments, where the values for the levels were F (1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th and 6th) and A (sunflower oil, corn oil and soybean oil). The results of EO and CP showed that the interaction of F and A had a significant influence on the decrease in oxidative stability and the increase in the concentration of polar compounds, respectively, and that the oil's susceptibility to oxidation depends directly on the acid composition. fat in each vegetable oil. The analysis of color, smell and taste showed us that the number of frying cycles negatively affects each sensory attribute. The continuous frying process without oil renewal decreases to 22.3% of the initial EO, however, the CP increases to 15.8%.

I. INTRODUCCIÓN

Marcano *et al.* (2010) evaluaron la influencia de la reutilización de oleína de palma (1ra, 4ta y 8va fritada), temperatura (150 °C y 180 °C) y tipo de pelado de la papa (pelado químico y manual) durante el proceso de fritura, utilizando como indicador de deterioro el contenido de compuestos polares de las papas fritas; encontrando que la reutilización y el tipo de pelado influyen significativamente de manera positiva, y que la temperatura tiene una influencia negativa en la absorción de compuestos polares en las papas fritas.

Más tarde, Ciappini *et al.* (2016) estudiaron las modificaciones fisicoquímicas y sensoriales del aceite de girasol refinado y aceite de oliva extra virgen durante el proceso de fritado discontinuo de papas (4 ciclos), con una relación de aceite/alimento: 3/1, manteniéndose la temperatura de 180 °C, demostraron que los aceites reutilizados en condiciones de fritura controlada modifican sus parámetros de calidad a partir del segundo ciclo, originando la formación de aldehídos nocivos para la salud. Así mismo, Barajas *et al.* (2016) estudiaron la degradación de los ácidos grasos contenidos en aceites vegetales comestibles sometidos a estrés térmico, concluyendo que la formación de compuestos polares se debe indirectamente a la degradación de ese tipo de ácidos grasos.

En el 2017, Li *et al.* estudiaron el efecto del perfil de los ácidos grasos de aceites vegetales en la formación de compuestos polares (%TPM) y su retención en papas fritas, posterior al proceso de fritura, utilizando aceite de palma, aceite refinado de almendra de palma o aceite de coco refinado, donde demostraron que después de 30 horas de fritura el %TPM llegó a ser mayor del 25%, no habiendo diferencia significativa entre ambas muestras de aceite.

En el 2019, Xu et al. estudiaron la cinética de formación de compuestos polares bajo la práctica de fritura utilizada en restaurantes, donde demostraron que el deterioro del aceite es directamente proporcional al aumento de compuestos polares y que el aceite de palma es la mejor opción para freír alimentos.

La justificación de la presente investigación se basa en que en la actualidad se ha incrementado el consumo de alimentos fritos, principalmente el consumo de papa frita, debido a su buen sabor, facilidad de preparación, bajo costo de producción y al escaso tiempo que tienen las personas para la preparación de sus alimentos, conllevando así al aumento de problemas a la salud como son: la alta tasa de obesidad, arterioesclerosis y enfermedades relacionadas con la mala alimentación, ya que durante el proceso de fritura los ácidos grasos presentes en el aceite y en el alimento frito cambian su composición hasta formar compuestos polares entre otros.

El problema formulado fue: ¿Cuál es el efecto del número de ciclos de fritado de papa blanca y el tipo de aceite vegetal utilizado en la estabilidad y concentración de compuestos polares de cada aceite residual? Y se planteó la siguiente hipótesis: Al freír papa Canchán por 10 min y durante 6 ciclos de fritura discontinua (1 ciclo por día), la estabilidad oxidativa de los aceites utilizados disminuye en un 30%, así como la concentración de compuestos polares aumenta hasta 15%.

Es por ello que como objetivo general se determinó de la influencia de la reutilización de los aceites de girasol, maíz y soya (por ser los más utilizados en los hogares y centros de comida rápida) durante el proceso de fritura de papa Canchán, a través de la evaluación del contenido de compuestos polares y estabilidad oxidativa de cada aceite residual. Así mismo, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Acondicionar y caracterizar la papa Canchán realizando los análisis proximales.
- Determinar la influencia de la relación masa/volumen de la papa Canchán y el aceite a de soya.
- Caracterizar fisicoquímicamente el aceite vegetal (aceite de girasol, aceite de maíz y aceite de soya) antes del proceso de fritura y el aceite residual final.
- Determinar la estabilidad oxidativa y concentración de compuestos polares en cada ciclo de fritura.
- Analizar sensorialmente el sabor, color y aroma de las papas fritas del día 1 y día 6, utilizando aceite de soya.
- Obtener el modelo cinético de la formación de compuestos polares a través del tiempo, para el proceso de fritura utilizando aceite de soya.

Finalmente, las limitaciones ocurridas dentro de esta investigación fueron: Dificultad en la compra de reactivos fiscalizados para la realización de los análisis proximales y fisicoquímicos, dificultad para la realización del análisis de compuestos polares en los aceites, debido a la falta de equipos para la realización de este este análisis en el lugar de desarrollo de tesis y que el análisis de fibra cruda en la papa Canchán se realizó en un laboratorio particular, debido a la falta de equipos para la realización de este este análisis en el lugar de desarrollo de tesis.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAPA

La papa es un alimento nutritivo, rico en carbohidratos, con gran cantidad de vitamina C y también es fuente importante de minerales y antioxidantes que pueden contribuir en la prevención de enfermedades degenerativas y las relacionadas con la edad avanzada. (Mora *et al.*, 2007)

La papa Canchán proviene del cruzamiento (BI-1)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Black (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y la variedad Libertas (*Solanum tuberosum*) y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andígena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la ranca. Se adapta a condiciones de sierra media, 2 000 a 3 500 metros de altitud y en costa central. (MINAGRI, 2012)

La composición química de este tubérculo es variable y está principalmente controlada por factores genéticos, condiciones ambientales tales como localidad, clima, suelo y agua, así como prácticas agronómicas. La forma de cocción y almacenamiento también afecta la composición química de los tubérculos de papa y consecuentemente, su valor nutricional. (Mora *et al.*, 2007)

En el Cuadro 1 se muestra la composición proximal de variedades nativas de papa en el Perú.

Cuadro 1: Composición proximal de variedades nativas de papa.

Composición (en 100 g de papa)	Contenido (%)			
	Peruanita	Amarilla runtus	Huayro	Huamantanga
Agua	72.1	68.2	75.4	77.02
Proteína	2.94	2.33	1.66	2.3
Grasa	0.07	0.07	0.09	0.08
Carbohidratos	23.44	27.95	21.52	19.39
Fibra	0.47	0.74	0.44	0.34
Cenizas	0.98	0.71	0.89	0.87

Fuente: Adaptado de Evaluación fisicoquímica y bromatológica de cuatro variedades nativas de papa (*Solanum spp.*), por Obregón et al., 2013.

2.2 ACEITES

2.2.1 ACEITE VEGETAL COMESTIBLE

Los aceites vegetales comestibles son productos alimenticios constituidos principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Pueden contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfátidos, de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en la grasa o el aceite.

(CODEX STAN 19-1981)

La composición de cada aceite varía de acuerdo a la fuente de la que provienen; se obtienen así contenidos diferentes de ácidos grasos saturados e insaturados para cada uno.

(Valenzuela *et al.*, 2003)

2.2.2 ACEITES VÍRGENES

Los aceites vírgenes se obtienen por procedimientos mecánicos y por aplicación únicamente de calor. Así mismo, pueden haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente, sin modificar el aceite. (CODEX STAN 19-1981).

2.2.3 ACEITES PRENSADOS AL FRÍO

Los aceites prensados en frío se obtienen por procedimientos mecánicos únicamente, sin la aplicación de calor. Podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente. (CODEX STAN 19-1981).

2.2.4 ACEITE DE GIRASOL

El aceite de girasol se obtiene mediante el prensado de las semillas de girasol (*Helianthus annuus*) y contiene: entre un 63-78% de ácido linoleico (AL), 0,06% de ácido alfa linoleico, una buena cantidad de C 18:2, trans-9, cis-12, equivalente al 0,3% de los ácidos grasos totales. El ácido oleico y ácido esteárico son los principales AGM y AGS, respectivamente.

El aceite de girasol contiene Comercialmente hay 3 formas principales de aceite de girasol disponibles en el mercado, el primero es aceite de girasol alto en AGPI (75%). La segunda forma es un aceite de girasol alto oleico con un 45% de AGM y el tercero es aceite girasol alto en ácido esteárico con 14%. (Duran et al., 2015)

2.2.5 ACEITE DE MAÍZ

El aceite de maíz contiene los niveles más altos de fitoesterol natural de los aceites vegetales refinados y es rico en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Se enfatiza la restricción de la ingesta de ácidos grasos saturados (SFA) y ácidos grasos trans en las dietas que reducen el colesterol y salud del corazón, mientras que se enfatiza el consumo de ácidos grasos insaturados. (Maki *et al.*, 2015)

La calidad del aceite de maíz comienza en el campo, ya que las condiciones de cultivo, el desarrollo del mismo y el tratamiento que recibe la semilla hasta su almacenaje, influyen su calidad. La calidad de los granos no sólo es afectada por las operaciones de secado, sino también por factores ambientales como la temperatura y la humedad durante el llenado de los mismos, por las prácticas de almacenamiento y por su transporte. (Hernandez *et al.*, 2009)

2.2.6 ACEITE DE SOYA

El aceite de soya es el producto obtenido del aceite crudo de soya cuando este es sometido a un proceso completo de refinación que puede ser llevado a cabo por vía de refinación química o refinación física. La refinación química consiste de desgomado (opcional), neutralización, lavado, blanqueo, deodorización, filtración y envase. La refinación física consiste en desgomado, pre-tratamiento, blanqueo, deodorización, filtración y envase. (NMX-F-252-SCFI, 2005).

Este aceite se destaca por su elevado contenido de ácido linoléico. Este ácido graso es esencial para el crecimiento y mantenimiento normal de la piel y no se produce en el cuerpo humano. Por lo tanto, es una excelente fuente de este ácido graso esencial.

Así mismo, tiene tanto aplicaciones en la industria de alimentos como en la manufacturera. A nivel comercial, se utiliza para la elaboración de aceites vegetales mixtos, margarinas, mayonesas, aderezos para ensalada y mantecas vegetales. También se utiliza para la fabricación de tintas para periódico, pinturas, para el control del polvo en silos de granos y en la fabricación de biodiesel como una nueva fuente de combustible renovable. (De Luna A., 2007).

2.3 ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos químicamente son cadenas hidrocarbonadas de longitud variable, con un grupo carboxilo en su extremo y que pueden ser saturados como insaturados; por otro lado, son constituyentes tanto de los triglicéridos, lípidos complejos o pueden hallarse en forma libre, además pueden esterificar el colesterol. Este tipo lípidos son una importante fuente de energía para las células, ya que pueden oxidarse hasta obtener ATP. (Hoyos *et al.*, 2014)

Los ácidos grasos que componen los aceites en general son ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI). Los insaturados a su vez pueden ser monoinsaturados (AGMI) o poliinsaturados (AGPI). Desde el punto de vista de su uso nutricional, los AGPI se clasifican a su vez en las llamadas familias o series de ácidos grasos. Las tres familias más importantes son la omega-9, omega-6 y omega-3. La denominación omega deriva de la última letra del alfabeto griego, denotando que la enumeración de los ácidos grasos se realiza desde el carbono extremo terminal de la molécula. (Valenzuela *et al.*, 2009).

En el Cuadro 2 se observa la composición de ácidos grasos en aceites que comúnmente son usados para fritura.

Cuadro 2: Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura.

Tipo de aceite	Ácidos grasos (g/100g de aceite)			
	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	Trans
Palma	49.300	37.000	9.300	--
Soya	15.650	22.783	57.740	0.533
Canola	7.365	63.276	28.142	0.395
Girasol	9.009	57.334	28.962	0.219
Oliva	13.808	72.962	10.523	--
Maíz	12.948	27.576	54.677	0.286

Fuente: Adaptado de La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. Perspectivas en nutrición humana, por Suaterna, 2009.

El principal representante de la familia omega-9 es el ácido oleico (C18:1, AO). El principal representante de la familia omega-6 es el ácido linoleico (C18:2, LA) y el de la familia omega-3, el ácido alfa linolénico (C18:3, ALA). Desde el punto de vista nutricional es muy importante identificar la familia a la que pertenece un ácido graso, debido a que los ácidos grasos omega-9 pueden ser formados por los organismos animales, no así los ácidos grasos omega-6 y omega-3. Por esta razón a los ácidos grasos omega-9 se les considera como no esenciales, en cambio los ácidos grasos omega-6 y omega-3 son esenciales, lo cual significa que los debemos consumir en una determinada cantidad y proporción entre ellos. (Valenzuela, et al., 2009).

2.3.1 ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3 (AGPICL n-3) son nutrientes esenciales para el crecimiento y el desarrollo de los mamíferos, incluyendo los seres humanos (Hernandez-Rodas *et al.*, 2016)

El ácido linoleico (18:2 omega -6, LA) y el ácido α -linolénico (18:3 omega -3, ALA) son ácidos grasos esenciales (AGEs). Por ello, la deficiencia de AGEs es muy rara en los seres humanos. La metabolización de LA produce al ácido graso γ - linoleico (GLA), al ácido dihomo- γ -linolénico (DGLA), al ácido araquidónico (AA). Mientras que la metabolización de ALA produce el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). (Sanhueza *et al.*, 2015)

2.3.2 ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

Los ácidos grasos saturados (AGS) son aquellos ácidos grasos que en su estructura química sólo poseen enlaces simples. Los AGS más comunes en la dieta son los de 14, 16 y 18 átomos de carbono, excepto en el caso de la leche y el aceite de coco en que encontramos AGS que tienen entre 4 y 12 átomos de carbono. Dada su estructura los AGS son sustancias extremadamente estables desde el punto de vista químico.

El ácido palmítico y esteárico se encuentran universalmente en las grasas naturales, mientras que el ácido láurico es especialmente abundante en el aceite de coco y en el aceite de palma. Aparte de las fuentes de alimentación, se sabe que el cuerpo es capaz de sintetizar AGS. Debido a sus múltiples orígenes, ha sido difícil cuantificar la importancia real de los

AGS de la dieta en comparación de los AGS de producción endógena. (Torrejón *et al.*, 2011).

En el Cuadro 3 se presentan los ácidos grasos más comunes en la dieta.

Cuadro 3: Los ácidos grasos más comunes en la dieta

Estructura	Nombre Común	Fuente Principal
C4:0	Butírico	Leche de rumiantes
C9 :0	Caprónico	Leche de rumiantes
C8:0	Caprílico	Leche de rumiantes, aceite de coco
C10:0	Cáprico	Leche de rumiantes, aceite de coco
C12:0	Láurico	Aceite de coco, aceite de nuez de palma
C14:0	Mirístico	Coco, nuez de palma, otros aceites vegetales
C16:0	Palmítico	Abundante en todas las grasas
C18:0	Esteárico	Grasas animales, cacao

Fuente: Adaptado de Calidad de grasa, arterioesclerosis y enfermedad coronaria: efectos de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans, por Torrejón *et al.*, 2011.

2.3.3 OXIDACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos producen energía mediante β -oxidación en las mitocondrias. En general, el proceso de β -oxidación no es muy eficiente ya que requiere transporte a la mitocondria mediante la carnitina, que consta de cuatro pasos. Por consiguiente, los ácidos grasos son más lentos para producir energía que los hidratos de carbono, y son almacenados preferentemente en el tejido adiposo. Además, la oxidación de ácidos grasos de cadena muy larga se lleva a cabo inicialmente en los peroxisomas y no es muy eficiente. En aquellas personas que siguen dietas ricas en grasas y que presentan una ingesta calórica excesiva, la mayor parte de los ácidos grasos de la dieta se almacenan rápidamente en el tejido adiposo. La estructura de los ácidos grasos influye en la velocidad de oxidación. Por lo general, los

ácidos grasos de cadena larga se oxidan más lentamente y los ácidos grasos insaturados se oxidan más rápidamente que los saturados. La oxidación de los ácidos grasos saturados disminuye al aumentar la longitud de la cadena de carbono (laurato > miristato > palmitato > estearato). En el caso de los ácidos grasos insaturados, la oxidación que tiene lugar en 24 horas se produce en el siguiente orden: ALA > OA > LA. (FAO, 2012)

La mayoría de los aceites son moléculas estructurales de triglicéridos con cadenas largas de ácidos grasos como se muestra en la Fig. 1. Las cadenas de ácidos grasos, que son no polares, son siempre cadenas casi rectas que contienen de 8 a 22 átomos de carbono. La insaturación de las cadenas de ácidos grasos es susceptible a la oxidación y deteriora el rendimiento de aceites vegetales cuando se expone a una condición severa. (Cheenkachorna, 2013)

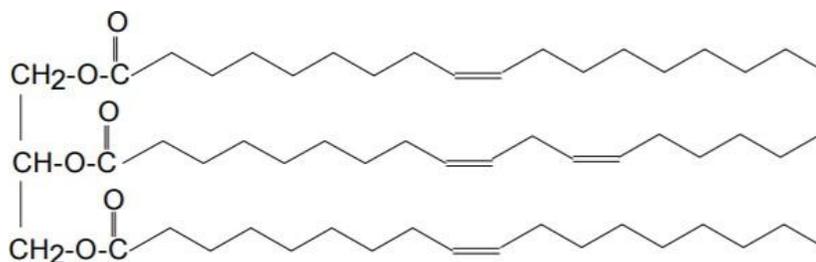


Figura 1: Estructura del triglicérido en aceites vegetales

2.4 REACCIONES MÁS COMUNES DURANTE LA FRITURA

La fritura técnicamente corresponde a métodos de cocción de alimentos por medio de la inmersión en aceite comestible (principalmente de origen vegetal) o grasa caliente (mayoritariamente de origen vegetal o animal), por sobre el punto de ebullición del agua (160-180°C). El aceite actúa como transmisor de calor, produciendo un calentamiento rápido y

uniforme del producto. Las altas temperaturas durante el proceso de fritura de los alimentos causan la evaporación del agua, transfiriéndola del alimento al aceite circundante. Mientras que el aceite absorbido por el alimento reemplaza en parte el agua liberada, constituyendo hasta 40% del producto final, influenciando así todas sus propiedades organolépticas, especialmente sabor, color y aroma. (Montes *et al.*, 2016)

En un proceso de fritura continuo, en la de hidrólisis se forman ácidos grasos libres que alteran las características sensoriales del producto y reducen el punto de la fritura de aceite / grasa de humo. En el lote proceso de fritura, que se producen reacciones de oxidación, hidrólisis y polimerización, la producción de moléculas complejas y compuestos volátiles, tales como acroleína (responsable de un olor desagradable en el medio ambiente). En esta etapa, no es el aumento de punto de humo. (Freire *et al.*, 2013)

Cuando la fritura se realiza con aceite, éste sufre tres reacciones de deterioro: la hidrólisis causada por el agua liberada por los alimentos, la oxidación (primaria, secundaria y terciaria) y las alteraciones causadas por las altas temperaturas. Las reacciones de oxidación son las más relacionadas con la salud y la nutrición, ya que a partir de éstas se forman hidroperóxidos y aldehídos, que han sido identificados como productores de retraso en el crecimiento, hipertrofia o hiperplasia hepática, hígado graso, úlceras gástricas y lesiones tisulares en corazón y riñón, en animales de experimentación. (Ciappini *et al.*, 2016)

2.5 COMPUESTOS POLARES

Los compuestos polares incluyen monoglicéridos, diglicéridos y ácidos grasos libres, y otros productos formados durante el calentamiento. (NTC 5225)

La mayoría de los aceites antes de ser utilizados mayormente contienen triglicéridos, por lo que se consideran no-polares aún después de la refinación, algunos aceites contienen entre 0,5-3% de CP debido, principalmente, a la presencia de ácidos grasos libres que podrían darle polaridad a los aceites nuevos. (Ramírez *et al.*, 2012)

Estos ácidos grasos libres son los residuos tras la aplicación de altas temperaturas y vapor de agua en el proceso de refinación, especialmente durante los tratamientos de neutralización y desodorización. En la neutralización, el aceite es tratado con químicos y agua o vapor para retirar ácidos grasos libres, fosfolípidos y otra serie de compuestos como acilgliceroles, fosfátidos, pigmentos, esteroides, productos de la oxidación de esteroides, tocoferoles, hidrocarburos, metales traza y posibles contaminantes (Ubhayasekera *et al.*, 2009).

La disminución de estos compuestos evita reacciones poco deseables durante la fritura, como la formación de espuma y el rápido oscurecimiento por su acción prooxidante. La refinación disminuye la cantidad de CP, sin embargo, si no se realiza monitoreo y control del procedimiento, el tratamiento con vapor puede llevar a una alteración hidrolítica, aumentando la proporción de ácidos grasos libres, de diacilglicéridos y otras sustancias polares. Si la eliminación de CP no es efectiva podrían quedar en el aceite, luego del refinamiento, incluso más del 3% de estos compuestos con efectos adversos para la salud. El aumento de CP modifica las propiedades nutricionales y sensoriales del aceite posterior al calentamiento, además el contenido de estos es un indicador de la vida útil y sirve para establecer la calidad del aceite sometido a calentamiento. (Ramírez *et al.*, 2012)

Con fines de control de calidad de los aceites y grasas reutilizados en la elaboración de frituras, se consideran como no aptos para el consumo humano, debiendo desecharse, cuando contienen más del 25% de compuestos polares. Los controles pueden realizarse con equipos

portátiles mediante pruebas validadas y emitidas por organismos reconocidos o en laboratorios con acreditación oficial. (R.M. N°965-2014/MINSA).

2.5.1 MÉTODO TESTO 270

Según Manual práctico para medición de aceites de cocina con Testo 270, además de la columna cromatografía, la medición capacitiva es otra forma de medición de los componentes polares totales. Está basada en la medición de la constante dieléctrica.

Para ello, se aplica un voltaje entre ambas placas de condensador (en azul y rojo en la ilustración). Estas placas se cargan hasta que se alcanza una determinada carga eléctrica. A medida que la carga se incrementa, los componentes polares de la grasa se alinean progresivamente. El polo positivo (rojo) de los materiales se desplaza hacia la placa negativa (azul) y viceversa.

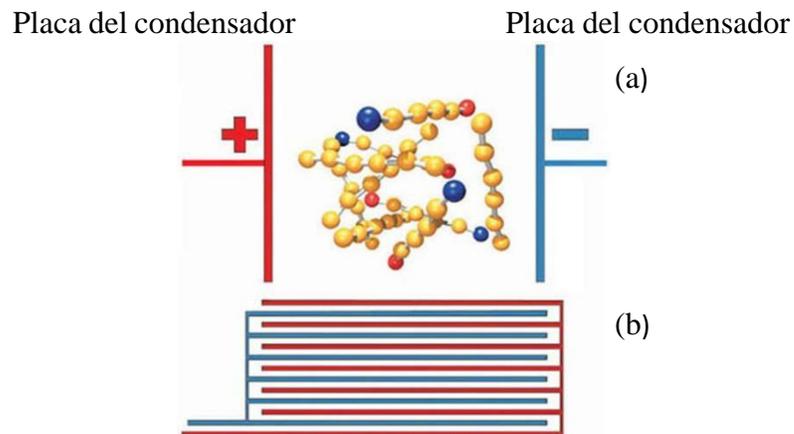


Figura 2: a) Representación esquemática de un capacitor,
b) Diseño técnico del sensor de aceite

Una vez se ha cargado el condensador, este dispone de una cierta capacidad dependiente del dieléctrico, en este caso el aceite. A mayor cantidad de componentes polares en el aceite, mayor capacidad del condensador. Este cambio en la capacidad se convierte y se muestra en el visualizador del controlador de la calidad del aceite de cocinar testo 270 como porcentaje en contenido de TPM.

El valor TPM (Total Polar Materials = contenido total de componentes polares) posibilita una declaración sobre el envejecimiento de los aceites de fritura por la exposición al calor.

2.6 ESTABILIDAD OXIDATIVA

La estabilidad oxidativa hace referencia a la resistencia de los lípidos a la oxidación y puede ser expresada como el periodo de tiempo requerido para alcanzar un punto crítico de oxidación. Este parámetro sirve como indicador del comportamiento y vida útil de los lípidos, y depende de la composición del aceite, de las condiciones de procesamiento y almacenamiento, la temperatura, la concentración y tipo de oxígeno, la presencia de metales y de antioxidantes, entre otros. (Guillén *et al.*, 2002)

La determinación de este parámetro es de gran importancia para la industria de los alimentos, pues a partir de los resultados obtenidos, es posible optimizar y controlar el proceso de producción para garantizar la obtención de un aceite de elevada calidad (García-Moreno *et al.*, 2013).

A fin de acelerar el proceso de deterioro de los alimentos, se emplean condiciones de almacenamiento que normalmente involucran temperaturas elevadas. La suposición principal que se hace en este tipo de estudios es que al almacenar los alimentos a una mayor

temperatura se aceleran las reacciones de deterioro y por lo tanto se disminuye el tiempo de vida útil. Así, la vida útil en condiciones normales es obtenida por extrapolación de los datos obtenidos en la determinación acelerada. (Piedrahita, 2015).

2.6.1 MÉTODO RANCIMAT

En el método Rancimat, se acelera el proceso de oxidación calentando el recipiente de reacción y haciendo pasar aire continuamente a través de la muestra. Este proceso produce la oxidación de las moléculas de ácidos grasos en la muestra. En primer lugar, se forman peróxidos como productos de oxidación primarios. Al cabo de un tiempo, los ácidos grasos se descomponen completamente y se forman productos de oxidación secundarios, entre ellos, ácidos orgánicos volátiles de bajo peso molecular como, por ejemplo, ácido acético y ácido fórmico. Estos son transportados por una corriente de aire a un segundo recipiente con agua destilada.

Allí tiene lugar una medición continua de la conductividad. El aumento de la conductividad indica la presencia de ácidos volátiles. El tiempo transcurrido hasta la formación de estos productos de reacción secundarios es lo que se denomina «tiempo de inducción», «periodo de inducción» o «índice de estabilidad oxidativa» (OSI, por sus siglas en inglés). Este valor es indicativo de la resistencia de la muestra a la oxidación. Cuanto más largo es el tiempo de inducción, más estable es la muestra. (892 Professional Rancimat)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

Para el proceso de fritado se utilizaron 3 tipos de aceite vegetal: Aceite de girasol, aceite de maíz y aceite de soya. Estos aceites fueron de la marca Basso, adquiridos en el mercado local Plaza Veá, cuidando que el lote sea el mismo para cada tipo de aceite. Así mismo, se utilizó papa Canchán procedente del mercado local El Progreso.

3.2 MATERIALES Y REACTIVOS

3.2.1 ANÁLISIS PROXIMAL

El Cuadro 4 muestra los materiales y reactivos utilizadas para el análisis proximal de papa Canchán.

Cuadro 4: Lista de materiales y reactivos utilizados para el análisis proximal de papa Canchán.

Materiales	Reactivos
- Placa Petri	- Ácido sulfúrico concentrado
- Espátula	- Ácido clorhídrico 0.1N
- Pinzas	- Hexano
- Crisol	
- Matraz Kjeldahl	
- Matraz Erlenmeyer	
- Probeta	
- Dispensador	

El análisis de fibra cruda fue realizado en el laboratorio acreditado COLECBI, pues no se contaba con materiales y equipos para su realización. Así mismo, para la cuantificación de carbohidratos se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100\% - (\%P + \%H + \%FC + \%C + \%G)$$

%P = Porcentaje de proteínas

%H = Porcentaje de humedad

%FC = Porcentaje de fibra cruda

%C = Porcentaje de cenizas

%G = Porcentaje de grasas

3.2.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, ESTABILIDAD OXIDATIVA Y

COMPUESTOS POLARES

El Cuadro 5 muestra los materiales y reactivos utilizados para el análisis físicoquímico de los aceites vegetales.

Cuadro 5: Lista de materiales y reactivos utilizados para el análisis de aceites vegetales

Materiales	Reactivos
- Vaso de precipitado	- Solución Hanus
- Matraz	- Ioduro de potasio 15%
- Pipeta graduada y pasteur	- Tiosulfato de sodio 0.1N
- Probeta	- Almidón
- Bureta	- Ácido acético glacial
- Soporte universal	- Ioduro de potasio saturado
- Picnómetro	- Alcohol etílico
	- Fenoltaleína 1%
	- Hidróxido de sodio 0.1N

3.3 EQUIPOS

3.1 ANÁLISIS PROXIMAL

- Estufa: Marca Pol-Eko, Modelo SLW 115 TOP+.
- Mufia: Marca Furnace, Modelo FB1410M.
- Equipo Soxtec: Marca FOSS, Modelo BASIC UNIT 2043.
- Equipo Kjelttec: Marca FOSS, Modelo Kjelttec 8100.

3.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

- Colorímetro: Marca Konica Minolta, Modelo CR-400.
- Refractómetro: Marca Rudolph, Modelo A24051-CC J-157.

3.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD OXIDATIVA

- Rancimat: Marca Metrohm, Modelo 743 Rancimat.

3.4 ANÁLISIS DE COMPUESTOS POLARES

- Testo 270: Marca Testo, Modelo 5632750.
- Freidora: Marca IMACO, Modelo IDF25.

3.4 PROCEDIMIENTO

Para la recolección de datos fue necesario freír muestras de papa. En primer lugar, se le dio acondicionamiento al tubérculo, el cual consistió en: lavar, pelar y trozar la papa.

3.4.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA PAPA

La papa fue lavada para eliminar la mayor cantidad de restos de tierra y materia orgánica adheridos a la cáscara. Posteriormente, con ayuda de peladores domésticos, se pelaron las

papas para finalmente ser trozadas. Las medidas de los trozos de papa fueron: $1 \pm 0,2 \text{ cm}^2$ de sección y $5 \pm 1 \text{ cm}$ de largo.

3.4.2 PROCEDIMIENTO DE FREÍR

Se colocaron 300 g de papa Canchán en trozos en una freidora marca IMACO, Modelo IDF25, la cual contenía 2 L de aceite (aceite de maíz, girasol o soya).

El proceso contó con 6 ciclos de fritura discontinuo (se desarrolló un ciclo por día) y sin renovación de aceite. Se frieron 300 g de papa Canchán en cada ciclo de fritura. El primer ciclo de fritura comenzó cuando el aceite llegó a la temperatura de $180^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Diariamente se realizó 1 ciclo de fritura a un intervalo de 10 min. Después de la fritada, el aceite se enfrió y almacenó en una botella de vidrio transparente a temperatura ambiente, para su posterior uso al día siguiente.

Así mismo, para la determinación de la influencia masa/volumen de la papa Canchán y el aceite de soya, se frieron 100g de papa Canchán en 2L de aceite soya y se procedió de la misma manera.

Se recogieron muestras de aceite de 12 mL en cada ciclo de fritura. Las muestras recogidas, se filtraron con papel de filtro para eliminar partículas de alimento suspendidas, y luego se almacenaron a -14°C hasta su posterior análisis de estabilidad oxidativa.

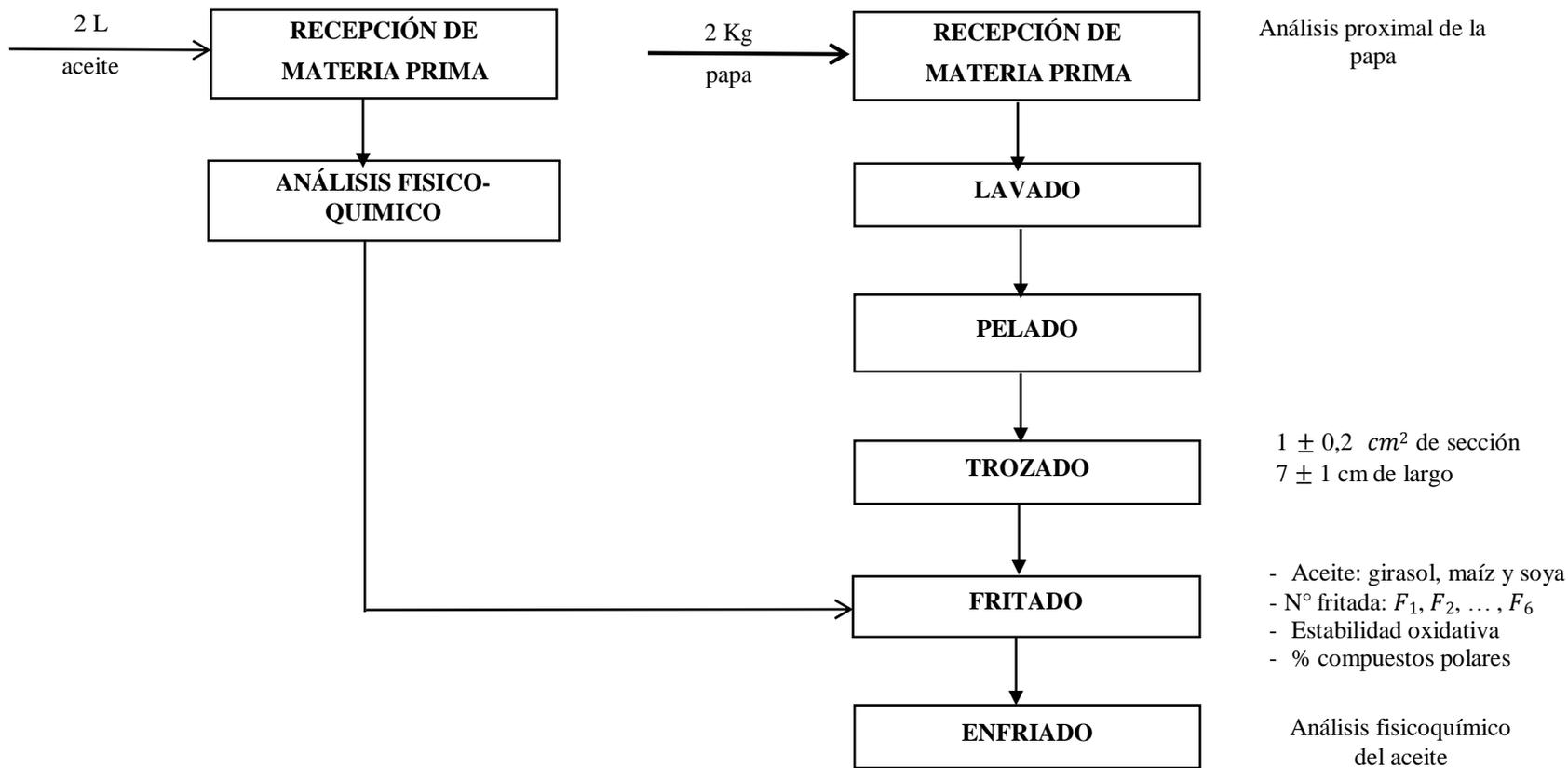


Figura 3. Flujograma del proceso de fritado de papa Canchán.

3.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1 ANÁLISIS DE ENTRADA (CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA)

A. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE

Se realizó la caracterización fisicoquímica de los aceites vegetales (aceite de girasol, maíz y soya) antes del proceso de fritura (día 0) Estos fueron: color instrumental, índice de peróxidos, índice de yodo, acidez titulable, densidad relativa e índice de refracción.

A.1 DETERMINACIÓN DEL COLOR INSTRUMENTAL

La determinación del color se realizó mediante un colorímetro digital marca KONICA MINOLTA (CR-400T), utilizando el método CIELAB.

A.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS

La determinación del índice de peróxido se determinó en base a la norma mexicana NMX-F-154-SCFI-2010.

A.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO

El índice de yodo se determinó en base al método de Hanus, de conformidad con la norma NMX-F-408-S-1981.

A.4 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

La acidez se determinó en conformidad con la norma NMX-F-101-SCF1-2006.

A.5 DETERMINACIÓN DE DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa se determinó mediante un picnómetro, de acuerdo a la Norma CODEX para aceites vegetales especificados (CODEX STAN 210-1999).

A.6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción se determinó mediante el refractómetro digital marca Rudolph Research (Modelo J157), en base al método normado por la AOCS 28 Cc-7-25, (2002).

B. CARACTERIZACIÓN PROXIMAL DE LA PAPA

Se realizó la caracterización proximal de la papa Canchán antes del proceso de frito. Estos fueron: %humedad, %proteínas, %cenizas, %grasas, %fibra cruda y %carbohidratos.

B.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

El contenido de humedad se determinó mediante la norma mexicana NMX-F-083-1986.

B.2 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

El contenido de proteína fue analizado en el laboratorio acreditado COLECBI.

B.3 DETERMINACIÓN DE CENIZA

El contenido de cenizas se determinó mediante la norma mexicana NMX-F-066-S-1978.

B.4 DETERMINACIÓN DE GRASA

El contenido de grasas se determinó mediante la norma mexicana NMX-F-545-1992.

B.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA

La determinación de fibra cruda se determinó mediante la norma mexicana NMX-F-090-S-1978.

B.6 DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

La determinación del contenido de carbohidratos se realizó mediante la diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por el Ministerio de Salud (1993).

3.5.2 ANÁLISIS DE PROCESO

Se realizó el análisis de calidad de los aceites vegetales (aceite de girasol, maíz y soya) durante todos los ciclos de fritura, del día 1 y del día 6. Estos fueron: estabilidad oxidativa y concentración de compuestos polares.

C. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA

El análisis de la estabilidad oxidativa se determinó mediante la American Oil Chemists Society Cd 12b-92 (AOCS, 2013), utilizando un equipo Rancimat 743 Metrohm, con $3 \pm 0,2$ g de muestra, temperatura de 120°C y flujo de aire de 20 L/h. El análisis del aceite se realizó por triplicado y se utilizó el promedio de estos.

D. CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS POLARES (TPM)

La cuantificación de compuestos polares se realizó por triplicado, después de cada ciclo de fritura, cuando la temperatura del aceite se encontraba en $180 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se utilizó el equipo Testo 270, el cual mide el contenido de compuestos polares en aceites durante el proceso de fritura, a través de la medición capacitiva del condensador. La técnica de

detección capacitiva tiene un buen potencial para desarrollar una manera sencilla y barata de controlar la degradación del aceite de fritura. (Alfadhl *et al.*, 2015)

3.5.3 ANÁLISIS DE SALIDA

E. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE RESIDUAL FINAL

Se realizó la caracterización fisicoquímica de los aceites vegetales (girasol, maíz y soya) residuales del día 6. Estos fueron: color instrumental, índice de peróxidos, índice de yodo, acidez titulable, densidad relativa e índice de refracción.

F. CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICAS DE LAS PAPAS FRITAS

Se evaluaron sensorialmente dos muestras: papas fritas con aceite nuevo y papas fritas con aceite del día 6. Las muestras fueron evaluadas en una escala de 5 puntos donde 1 corresponde a “Me disgusta mucho” y 5 a “Me gusta mucho”, los parámetros evaluados fueron: Color, olor y sabor. Los resultados obtenidos se evaluaron estadísticamente en usando el programa STATGRAPHIC centurión (versión en prueba). En la Figura 3 se muestra el formato utilizado para este análisis.

PRUEBA DE ESCALA HEDONICA VERBAL

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____

Frente a usted hay dos muestras de papas fritas, pruébelas una a una y escriba en el recuadro la puntuación que se describe a continuación:

5. Me gusta mucho
4. Me gusta
3. Nime gusta ni me disgusta
2. Me disgusta
1. Me disgusta mucho

ATRIBUTO	Muestra: _____	Muestra: _____
COLOR		
OLOR		
SABOR		

¡Muchas Gracias!

Figura 4: Formato para análisis sensorial de las papas fritas.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FRITADO

Las etapas del proceso de fritado de papa Canchán, utilizando aceite vegetal, son detalladas a continuación:

A. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y LAVADO

En esta operación se recepcionó la materia prima (papa Canchán y aceite vegetal), verificando la calidad de ambos: verificando que las papas presenten condiciones homogéneas, sin pudrición y/o cualquier otro defecto de calidad que pueda alterar el posterior proceso; así mismo, las botellas de aceite sean del mismo lote de producción, y el envase se encuentre cerrado herméticamente.



Figura 5: Papa Canchán lavada

B. PELADO, TROZADO Y PESADO

Se lavó la papa para eliminar la mayor cantidad de materia orgánica (restos de tierra) de la cáscara y evitar la contaminación de la muestra. Posteriormente, se peló y trozó la papa en dimensiones homogéneas: $1 \pm 0,2 \text{ cm}^2$ de sección y $5 \pm 1 \text{ cm}$ de largo.



Figura 6: Pesado de papa Canchán

C. FRITADO

Se frieron 300 g de papa durante 10 min, en 2L de aceite vegetal, utilizando una freidora marca IMACO de 2.5 L de capacidad y esperando que la temperatura llegue a $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para iniciar el proceso. Después de retirar las papas fritas, se realizó el análisis de compuestos polares en el aceite caliente.



Figura 7: Medición del % compuestos polares

D. ENFRIADO Y ALMACENAMIENTO

Después del proceso de fritura, el aceite se enfrió a temperatura ambiente, posteriormente se tomó una alícuota de 12 mL y se almacenó a -14°C para sus análisis finales (físicoquímico y/o de estabilidad oxidativa).

3.7 DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico utilizado fue un multifactorial categórico de 6×3 , con arreglo en un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde el primer factor correspondió al ciclo de fritada y el segundo, al tipo de aceite vegetal utilizado. En el Cuadro 6 se muestran los niveles de las

variables independientes, tipos de aceite y ciclos de fritura. El análisis estadístico se realizó con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 6: Variables independientes y niveles

Tipo de aceite	Ciclo de fritura (F)					
	(A)	F₁	F₂	F₃	F₄	F₅
A₁	<i>F₁A₁</i>	<i>F₂A₁</i>	<i>F₃A₁</i>	<i>F₄A₁</i>	<i>F₅A₁</i>	<i>F₆A₁</i>
A₂	<i>F₁A₂</i>	<i>F₂A₂</i>	<i>F₃A₂</i>	<i>F₄A₂</i>	<i>F₅A₂</i>	<i>F₆A₂</i>
A₃	<i>F₁A₃</i>	<i>F₂A₃</i>	<i>F₃A₃</i>	<i>F₄A₃</i>	<i>F₅A₃</i>	<i>F₆A₃</i>

Se realizaron 18 ensayos diferenciados por distintos tipos de aceite vegetal, que por triplicado hicieron un total de 54 experimentos. Posteriormente, se empleó la prueba de Tukey como prueba de comparación de medias para determinar la diferencia entre tratamientos. La ejecución del análisis estadístico se realizó utilizando el programa informático STATGRAPHICS Centurión. (Versión de prueba).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LA PAPA CANCHÁN PELADA (SIN CÁSCARA)

Los resultados obtenidos de los análisis proximales porcentuales de la papa Canchán (sin cáscara) antes del proceso de frito se muestran en la siguiente Cuadro:

Cuadro 7: Composición química de la papa Canchán

Análisis químico	Papa Canchán (%p/p)
Humedad	73.996 ± 0.928
Proteína	1.947 ± 0.143
Grasa	0.209 ± 0.024
Cenizas	0.786 ± 0.078
fibra cruda	0.46 ± 0.000
Carbohidratos	22.602 ± 0.883

En el Cuadro 7 se muestra el porcentaje de humedad de la papa Canchán, cuyo resultado fue de 73.996 ± 0.928 %, similar al reportado por (Chambilla, 2017), quien determinó la humedad en la misma variedad resultando 78.5 ± 0.16 . Así mismo, el (INIA, 2012) determinó la humedad en la misma variedad resultando el 75%. Finalmente, (Cárdenas, 2012) reportó 76.8% de humedad en papa variedad Canchán.

El porcentaje de proteínas obtenido en papa Canchán fue de 1.947 ± 0.143 %, muy diferente al reportado por (Cárdenas, 2012), el cual fue de 3.8% en la misma variedad. Así mismo, (Obregón *et al.*, 2013), reportaron que el contenido de proteínas en papa Peruanita fue de 2.94%. Finalmente, las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009) mostraron que el contenido de proteínas en papa blanca fue de 2.1%, muy similar al obtenido experimentalmente.

El porcentaje de grasa y cenizas obtenidos en la papa Canchán fueron de 0.209 ± 0.024 % y 0.786 ± 0.078 , respectivamente, similares a los reportados por (Obregón *et al.*, 2013), quienes obtuvieron 0.07% y 0.98% de contenido de grasa y cenizas, respectivamente, en papa de la misma variedad. (Chambilla, 2017), reportó 0.06 ± 0.01 % de grasa en la misma variedad

de papa. Finalmente, las Cuadros Peruanas de Composición de Alimentos (2009) mostraron que el contenido de grasa en papa blanca fue de 0.1%, muy similar al obtenido experimentalmente.

Los resultados de fibra cruda y carbohidratos fueron de $0.46 \pm 0.000\%$ y $22.602 \pm 0.883\%$, respectivamente. Estos resultados son similares a los reportados por (Obregón *et al.*, 2013), quienes obtuvieron 0.47% y 23.44% como contenido de fibra cruda y carbohidratos, respectivamente.

La diferencia de los resultados obtenidos en esta investigación y los resultados reportados por los autores se puede dar, debido a factores como:

- El no uso de desecadores finalizado el proceso de secado en estufa, pues estos recipientes contienen una sustancia desecante que ayuda a eliminar las últimas trazas de agua de las muestras que casi secas.
- El grado de madurez del tubérculo, pues un tubérculo con mayor grado de madurez ha perdido humedad.
- La variedad de la papa analizada y la calidad de los reactivos utilizados para su análisis.
- Las condiciones del cultivo (suelo, temperatura, humedad) y las condiciones de almacenamiento.

4.1.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LOS ACEITES VEGETALES

El proceso de fritado es una técnica muy utilizada en la preparación de alimentos, en la cual es frecuente la reutilización de los aceites utilizados, dando paso a reacciones como oxidación, hidrólisis y lipólisis. Estas reacciones alteran la composición de los aceites

utilizados a través de la modificación de su estructura química y formación de compuestos volátiles y no volátiles, los cuales pasan al alimento.

Así mismo, esta alteración está estrechamente relacionada al manejo durante el proceso de fritado y el control de sus puntos críticos como son: el tiempo de fritado, la reutilización y/o reposición del aceite, la temperatura, la relación de volumen de alimento/volumen de aceite, la limpieza y el almacenamiento del aceite, entre otros. (Ayala, M. 2011. p. 33)

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de los aceites de girasol, maíz y soya, del día 0 y 6 (aceite fresco y aceite residual después del sexto ciclo de fritura) se analizan a continuación:

A. DETERMINACIÓN DEL COLOR INSTRUMENTAL

El espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ describe y mide el color, utilizando fuentes de iluminación y observadores estándares. Esta presenta 3 coordenadas:

- L^* : recibe el nombre de luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100.
- a^* : hacia el rojo si a^* es positiva, y hacia el verde si a^* es negativa.
- b^* : hacia el amarillo si b^* es positiva, y hacia el azul si b^* es negativa

Así mismo, se pueden definir los valores para C^* (croma) y H^* (tono). (Mathias-Rettig et al., 2014)

Los resultados obtenidos en el análisis de color instrumental en aceites vegetales se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Color instrumental en aceites vegetales antes y después del proceso de fritura.

F	A	L*	a*	b*	C	h
	A1	84.73 ± 0.686	-0.91 ± 0.177	8.34 ± 0.442	8.39 ± 0.458	96.20 ± 0.899
F0	A2	101.97 ± 0.532	-5.98 ± 0.419	27.64 ± 0.731	28.28 ± 0.732	102.21 ± 0.846
	A3	105.73 ± 0.789	-2.98 ± 0.327	11.35 ± 0.671	11.73 ± 0.728	104.71 ± 0.808
	A1	94.68 ± 0.830	-2.61 ± 0.373	12.98 ± 0.835	13.24 ± 0.892	78.65 ± 0.887
F6	A2	117.45 ± 0.430	-3.90 ± 0.823	33.68 ± 0.385	33.91 ± 0.303	96.61 ± 1.452
	A3	114.09 ± 0.663	-1.02 ± 0.198	21.07 ± 0.467	21.09 ± 0.476	92.76 ± 0.473

Donde:

A1: Aceite de girasol

A2: Aceite de maíz

A3: Aceite de soya

En el Cuadro 8 se muestra la coordenada L^* para cada tipo de aceite vegetal, antes y después del proceso de fritura (sexto ciclo); en todos los casos, se observa el aumento mínimo de esta coordenada. El aceite de girasol (A1) aumentó de 84.73 hasta 94.68, el aceite de maíz (A2) aumentó de 101.97 hasta 117.45 y el aceite de soya (A3) aumentó de 105.73 hasta 114.09. Estos resultados son similares a los reportados por Yusta, A. *et al* (2012), quienes observaron que la Luminosidad (L^*) en los aceites de soja y girasol fueron inicialmente muy parecida y no cambiaron sensiblemente con el calentamiento, sin embargo, la del aceite de oliva virgen extra disminuyó ligeramente con el calentamiento. Así mismo, Suaterna 2009, menciona en un estudio con aceite de soya, parcialmente hidrogenado, después de 56 h de fritura para un producto cárnico; el aceite presentó características organolépticas alteradas como color oscuro después de 42 h de calentamiento a 180°C, no habiendo sobrepasado el límite máximo permitido de compuestos polares.

La figura 8 presenta los resultados del proceso de fritado para el parámetro cromático L^* de aceites de girasol, maíz y soya, del día 0 y 6.

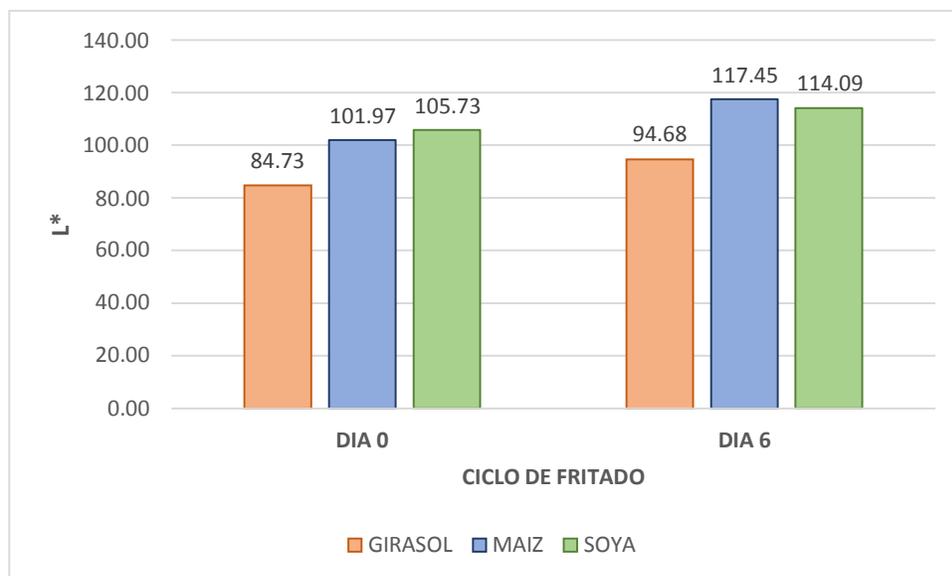


Figura 8: Luminosidad (L^*) de los aceites vegetales

En el Cuadro 8 se muestra la coordenada a^* para cada tipo de aceite vegetal, antes y después del proceso de fritura (sexto ciclo); en todos los casos, se observa el aumento de esta coordenada. El aceite de girasol (A1) aumentó de -0.91 a -0.65, el aceite de maíz (A2) aumentó de -5.98 hasta -3.90 y el aceite de soya (A3) aumentó de -2.98 hasta -1.02. Estos resultados son diferentes a los reportados por Yusta, A. *et al* (2012), quienes observaron que el valor de la coordenada a^* era muy parecido entre los aceites de soya y girasol, y próximos a -1, antes del proceso de calentamiento. Así, cuando estos aceites se calentaron, el valor de esta coordenada disminuyó, en el caso de los aceites de soja y girasol, llegando a valores próximos a -2,5 aumentando su tendencia al verde.

La Figura 9 presenta los resultados del proceso de fritado para el parámetro cromático a^* de aceites de girasol, maíz y soya, del día 0 y 6.

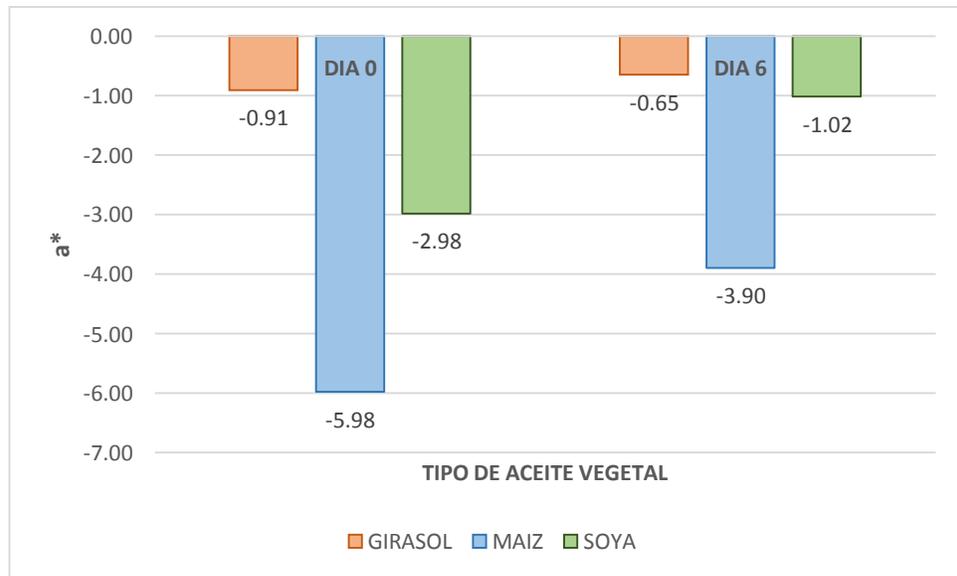


Figura 9: Coordenada a* para los aceites vegetales utilizados

En el Cuadro 8 se muestra la coordenada b* para cada tipo de aceite vegetal, antes y después del proceso de fritura (sexto ciclo); en todos los casos, se observa el aumento de esta coordenada. El aceite de girasol (A1) aumentó de 8.34 a 12.98, el aceite de maíz (A2) aumentó de 27.64 a 33.68 y el aceite de soya (A3) aumentó de 11.35 hasta 21.07. Estos resultados son similares a los reportados por Yusta, A. *et al* 2012, quienes observaron que el valor de la coordenada b* fue positivo en los aceites de girasol y soya, con un valor muy alto (cerca de +25). Así mismo, el calentamiento del aceite provoca que el parámetro b* los aceites de girasol y soya, el valor inicial aumenta progresivamente pero no llega a sobrepasar el valor de +5 al final del calentamiento.

La Figura 9 presenta los resultados del proceso de fritado para el parámetro cromático b* de aceites de girasol, maíz y soya, del día 0 y 6.

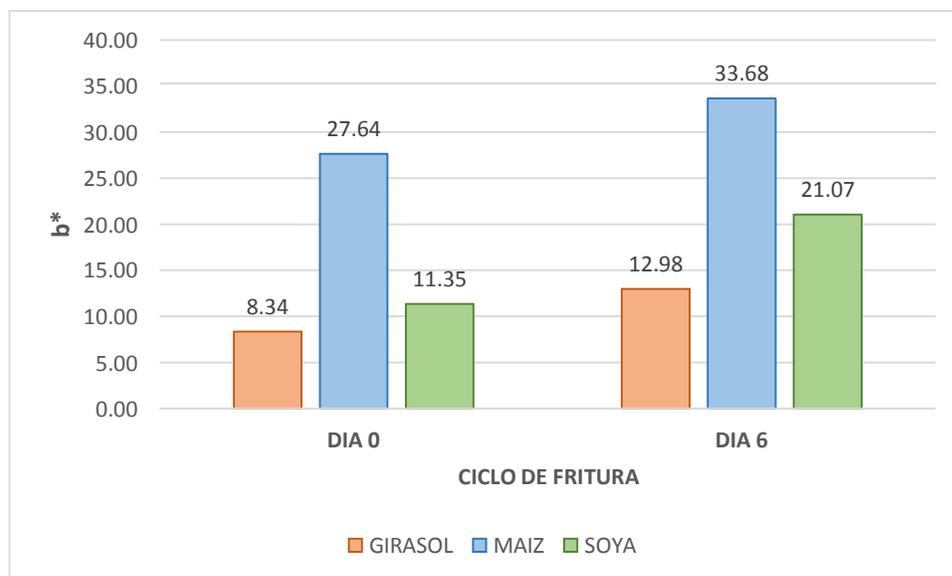


Figura 10: Coordenada b* para los aceites vegetales utilizados

Adrover-Obrador *et al.*, 2012, mencionan que: “Para el calentamiento con microondas y horno convencional, a medida que aumenta el tiempo de exposición, la variación de color aumenta de manera significativa, seguramente esta variación en el color es consecuencia de la degradación de pigmentos como los carotenos o la clorofila”.

B. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ

El método utilizado nos permite evaluar la acidez del aceite mediante la cuantificación de ácidos grasos libres, producidos de la hidrólisis de los triglicéridos. En los resultados obtenidos en el análisis de acidez titulable en los aceites vegetales, antes y después del proceso de fritura (sexto ciclo), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), sin embargo, se observó que hasta el sexto ciclo de fritura los aceites de girasol y maíz se encontraban dentro de los rangos de normalidad establecidos

por el CODEX STAN 19-1981 (máx. 0.6 mg de KOH/g de grasa o aceite), mientras de que aceite de soya sobrepasó los límites establecidos.

Este aumento en la acidez podría ser consecuencia de los seis procesos de fritura al que fue sometido el alimento y expuesto el aceite (seis frituras de 10 minutos). El índice de acidez variará dependiendo del tipo de alimento y la naturaleza del aceite que se utilice para freír (Ayala, 2011).

Los resultados obtenidos en el estudio, son mostrados en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Índice de acidez (mg KOH/g) de aceites vegetales, antes y después del proceso de fritura (sexto ciclo).

CICLO (F)	GIRASOL (A1)	MAÍZ (A2)	SOYA (A3)
F0	0.31 ± 0.003	0.60 ± 0.003	0.98 ± 0.004
F6	0.45 ± 0.000	0.67 ± 0.000	1.01 ± 0.000

Estos resultados obtenidos para A1 fueron 0.31 ± 0.003 y 0.45 ± 0.000 mg KOH/g, para A2 fueron 0.60 ± 0.003 y 0.67 ± 0.000 mg KOH/g, y para A3 fueron 0.98 ± 0.004 y 1.01 ± 0.000 mg KOH/g.

Los resultados obtenidos para A1 son similares a los obtenidos por Tacias *et al.*, 2016, quienes reportaron 0.45 mg KOH/g de acidez en muestras de aceites de girasol obtenidos de restaurantes. Así mismo, Rivera *et al.*, 2014 reportaron que la acidez del aceite de oleína de palma aumentó de 0.2324 ± 0.0001 a 1.1044 ± 0.0777 en un proceso de fritura de 5 días, en comedores universitarios. Mientras que Ciappini, M. *et al.*, 2016 observaron que la acidez, parámetro de calidad, se modificó a través de los ciclos de fritura. En la Figura 11 se observa la variación del índice de acidez de los aceites vegetales antes y después del proceso de fritura.

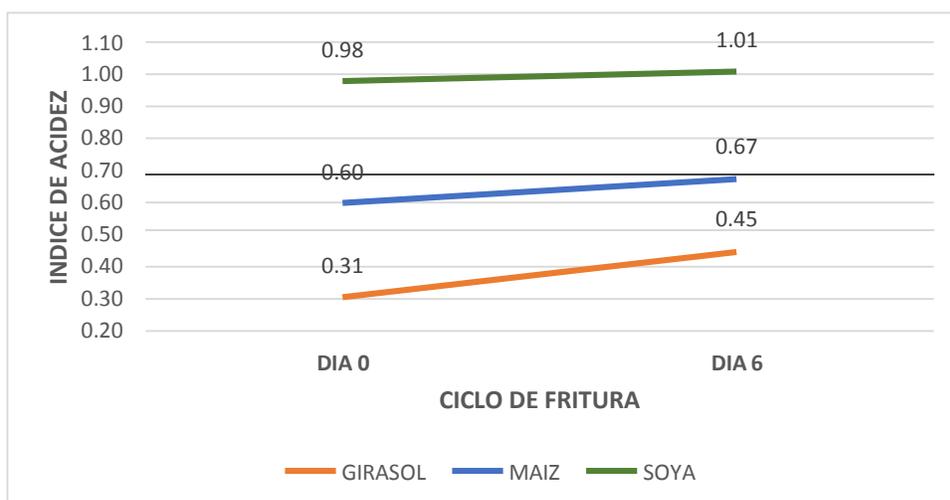


Figura 11: Variación del índice de acidez de los aceites vegetales antes y después del proceso de fritura.

C. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO

El índice de yodo mide el grado de insaturación de una muestra grasa; cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, mayor será el valor de esta medida. (Ayala, 2011). En el Cuadro 10 se observa la variación del índice de yodo de los aceites vegetales utilizados en el proceso de fritura.

Cuadro 10: Índice de yodo de aceites vegetales en g yodo/100 g.

CICLO	GIRASOL (A1)	MAÍZ (A2)	SOYA (A3)
F0	270.16 ± 0.742	260.38 ± 0.601	256.92 ± 0.507
F6	252.13 ± 0.513	246.23 ± 0.470	227.73 ± 0.539

El ácido linolénico (AL) es un ácido graso poliinsaturado que está presente en el aceite de girasol entre 63 – 78 %, el aceite de maíz en 62% y en el aceite de soya solo el 53% de su composición. (Duran *et al.*, 2015).

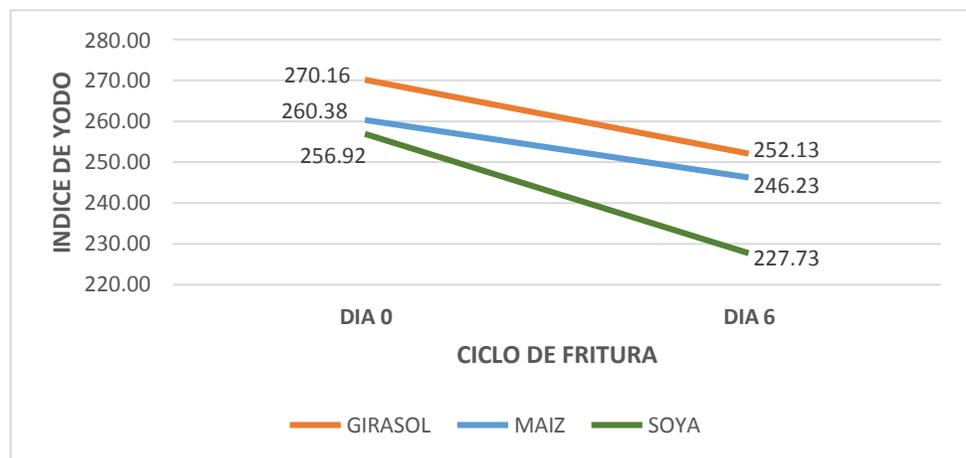


Figura 12: Variación del índice de yodo antes y después del proceso de fritura

Los resultados obtenidos en este estudio nos muestran la disminución del índice de yodo con tendencia $A1 > A2 > A3$ (Figura 12). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, pues mientras menos AL tuvo el aceite vegetal, menor es el índice de yodo obtenido antes y después del proceso de fritura.

D. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS

El análisis de índice de peróxido presenta resultados estadísticamente significativos ($p < 0.05$), donde se observa que después del sexto ciclo de fritura A1 y A3 tuvieron mayor tendencia a la oxidación y están fuera de los rangos de normalidad establecidos por el CODEX STAN 19-1981 (máx. 10 mili equivalentes de oxígeno activo/Kg de aceite), con valores hasta 26.53 ± 1.142 y 14.6 ± 1.133 mili equivalentes de oxígeno activo/Kg de aceite, respectivamente (Cuadro 11). Esto concuerda con Ayala *et al.*, 2011 quien menciona que los niveles de peróxidos aumentan en mayor proporción en aceites de origen vegetal como el aceite de soya y girasol, debido a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, ya que los ácidos grasos con más insaturaciones necesitan menos tiempo para absorber la misma cantidad de oxígeno en comparación con los ácidos grasos con menos insaturaciones, lo cual hace que sean más susceptible a la oxidación.

Cuadro 11: Índice de peróxidos de los aceite vegetales

CICLO	GIRASOL (A1)	MAÍZ (A2)	SOYA (A3)
F0	10.64 ± 1.116	3.33 ± 1.153	1.99 ± 0.002
F6	26.53 ± 1.142	5.31 ± 1.149	14.6 ± 1.133

Así mismo, estos cambios pueden deberse al efecto de la combinación de luz, aire y humedad, hace que el oxígeno presente en el aire actúe sobre los ácidos grasos insaturados formando peróxidos, a través de la oxidación (Ayala *et al.*,2011).

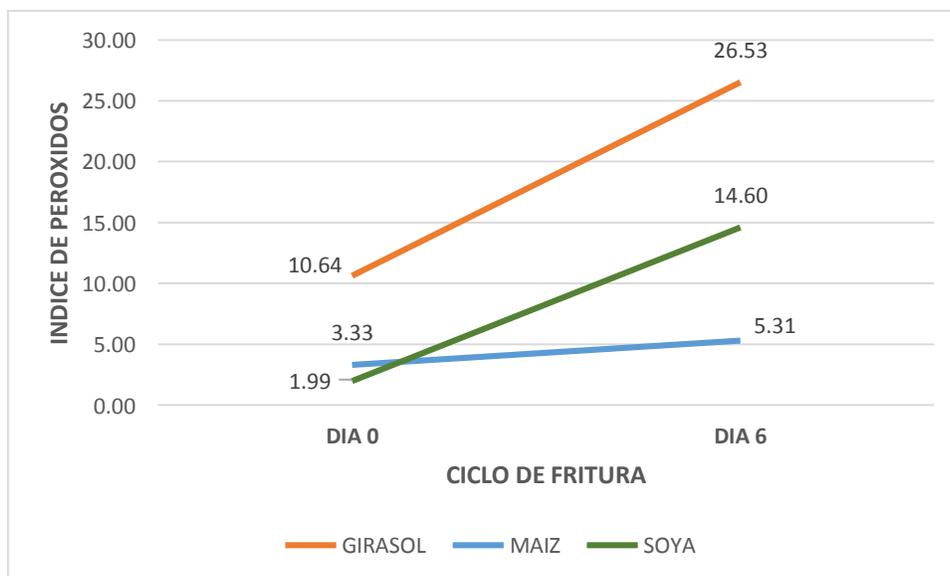


Figura 13. Variación del índice de peróxidos después del proceso de fritura.

E. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA

En este ensayo, se observa que los aceites F0 y F6 aumentaron su valor de densidad; debido a diferentes ácidos grasos presentes, así como el incremento de ácidos saturados e hidroxilados, los cuales aumentan el peso molecular. (Ayala *et al.*, 2011).

Cuadro 12: Densidad relativa en los aceites vegetales.

CICLO	GIRASOL (A1)	MAÍZ (A2)	SOYA (A3)
F0	0.9192 ± 0.010	0.9150 ± 0.020	0.9168 ± 0.001
F6	0.9203 ± 0.002	0.9183 ± 0.019	0.9191 ± 0.001

Así mismo, las muestras de aceite vegetal presentan valores dentro de los límites permisibles establecidos en CODEX STAN 210-1999. Así, el valor de A1 es 0.9203 ± 0.002 (entre 0.918 – 0.923), para A2 es 0.9183 ± 0.019 (entre 0.917 – 0.925) y para A3 es 0.9191 ± 0.001 (entre 0.919 – 0.925).

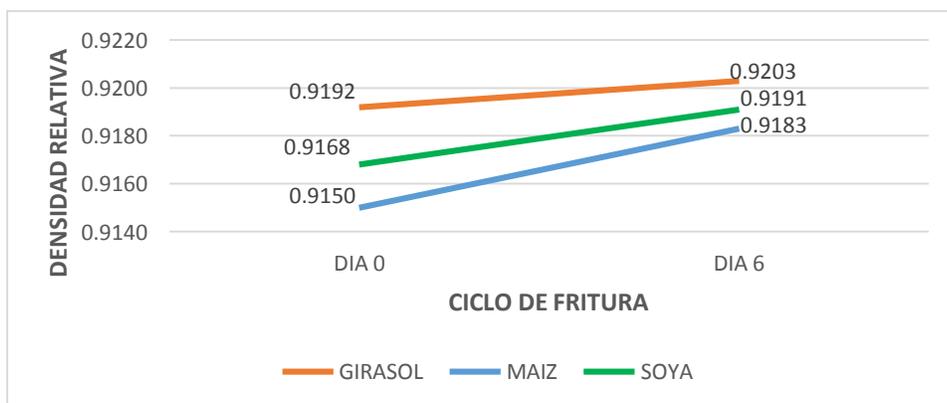


Figura 14. Variación de la densidad relativa después del proceso de fritura.

F. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

En este ensayo, se observa que los aceites F0 y F6 aumentaron su valor de índice de refracción; debido a la presencia del agua y otros residuos que se desprenden durante el proceso de fritura. Es así que esta característica permite comprobar la pureza del aceite.

Cuadro 13. Índice de refracción de los aceites vegetales

CICLO	GIRASOL (A1)	MAÍZ (A2)	SOYA (A3)
F1	1.4744 ± 0.000	1.4738 ± 0.000	1.4742 ± 0.000
F6	1.4749 ± 0.000	1.4741 ± 0.000	1.4747 ± 0.000

Así mismo, las muestras de aceite vegetal presentan valores fuera de los límites permisibles establecidos en CODEX STAN 210-1999. Así, el valor de A1 es 1.4744 ± 0.000 (entre 1.465 – 1.468), para A2 es 1.4738 ± 0.000 (entre 1.461 – 1.468) y para A3 es 1.4742 ± 0.000 (entre 1.466 – 1.470).

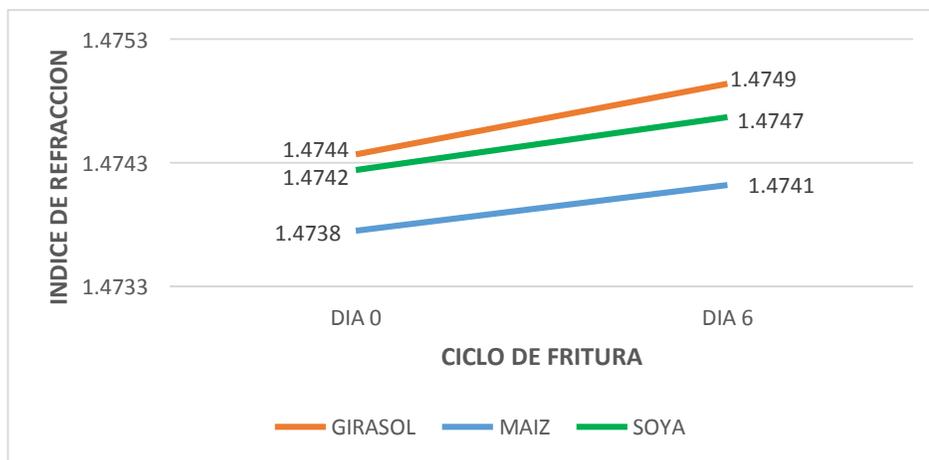


Figura 15. Variación del índice de refracción después del proceso de fritura.

4.1.3 ANÁLISIS DE CALIDAD DE LOS ACEITES VEGETALES

El análisis de calidad se midió a través de la estabilidad oxidativa y el contenido de compuestos polares de cada aceite residual aceite.

4.1.3.1 DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA

En este estudio se utilizó el método Rancimat, el cual está dentro de los estándares nacionales e internacionales (OSI, AOCS Cd 12b-92), que mide el grado de oxidación de un aceite cuando es expuesto al burbujeo de aire (oxígeno) a través de él. El ácido fórmico formado es conducido a través de canales hacia el agua destilada que se encuentra en un vaso colector. Así, el equipo utilizado monitorea continuamente la

conductividad eléctrica de esta agua. La prueba finaliza cuando la conductividad eléctrica aumenta exponencialmente su valor. Así, la estabilidad oxidativa es definida como el tiempo necesario para que la reacción de oxidación alcance el punto de inflexión en la representación gráfica de la conductividad eléctrica versus el tiempo (Navas *et al.*, 2010).

Cuadro 14: Variación de la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales después del proceso de fritura.

CICLO DE FRITURA	ACEITE VEGETAL		
	A1	A2	A3
F1	1.94 ± 0.035	4.70 ± 0.020	3.31 ± 0.026
F2	1.85 ± 0.030	4.61 ± 0.025	2.99 ± 0.072
F3	1.78 ± 0.051	4.42 ± 0.035	2.75 ± 0.006
F4	1.58 ± 0.036	4.32 ± 0.060	2.71 ± 0.036
F5	1.55 ± 0.021	4.24 ± 0.010	2.69 ± 0.010
F6	1.51 ± 0.010	4.20 ± 0.006	2.65 ± 0.006

Se consideraron dos factores experimentales: número de ciclo de fritado (F) y tipo de aceite vegetal (A). Los que variaron de acuerdo con un diseño factorial de dos factores. Para el factor ciclo de fritado se fijaron seis niveles (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 y F_6) de 10 minutos cada uno y para tipo de aceite vegetal se fijaron tres niveles (aceite de girasol, aceite de maíz y aceite de soya). El índice de estabilidad oxidativa se evaluó para un total de 54 determinaciones (Cuadro 14).

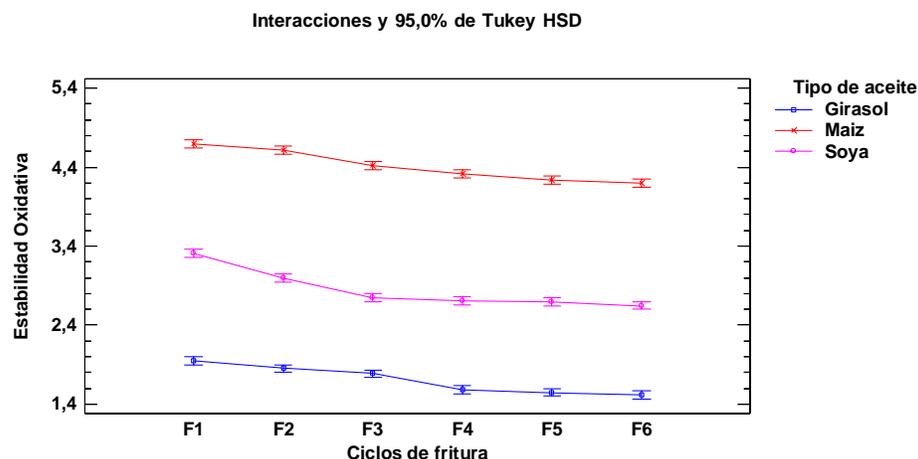


Figura 16. Efecto del ciclo de fritura en la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales

En la Figura 16 se observa la variación de la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales residuales conforme se incrementan los ciclos de fritura, la cual tiende a disminuir para los tres tipos de aceites utilizados. El aceite de girasol tiene menor estabilidad oxidativa en comparación con los aceites de soya y maíz. Así mismo, se observó que el aceite de maíz presentó, en todos los tiempos de fritura, mayor período de inducción. Este comportamiento puede ser atribuido a la aceleración producida en la descomposición de hidroperóxidos (García-Moreno *et al.*, 2013).

Por otro lado, se sabe que durante el calentamiento los ácidos grasos más insaturados son los primeros en sufrir cambios; por lo que, se observó que el ácido linoleico suele perder las insaturaciones y adquirir forma de ácido oleico. El resultado de dicho proceso hace más resistente al aceite debido a que la transformación es lenta; de esta forma, la pérdida de ácidos grasos es menor cuando el contenido de ácidos grasos poliinsaturados es mayor (Karpinska- Tymoszczyk, *et al.*, 2011).

El grado de acidez del aceite es un factor relevante para la estabilidad oxidativa del mismo. El incremento de la acidez es producto de la hidrólisis de los ácidos grasos libres presentes que comienzan a sufrir los aceites en su interacción con el ambiente y el agua que conllevan a una serie de reacciones disminuyendo la estabilidad de los aceites (Rivera, Y. et al, 2014). En este estudio, se realizó análisis del índice de acidez para los aceites residuales de la fritada seis (F6), donde se observó que el aceite de girasol tiene mayor tendencia a aumentar su acidez respecto al aceite de soya. Así mismo, el aceite de soya presenta mayor estabilidad oxidativa respecto al aceite de girasol.

En el Cuadro 16 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente estabilidad oxidativa (h), como se puede observar el tipo de aceite, ciclos de fritura y la interacción de ambas variables son estadísticamente significativos ya que tiene valores p menores a 0.05 (p-valor de tabla 0.05 para un 95% de confiabilidad)

Cuadro 15: Análisis de varianza para la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales residuales.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de aceite	66.8173	2	33.4087	30067.80	0.00001
B:Ciclos de fritura	1.94828	5	0.389655	350.69	0.00001
INTERACCIONES					
AB	0.142041	10	0.0142041	12.78	0.00001
RESIDUOS	0.04	36	0.00111111		
TOTAL (CORREGIDO)	68.9477	53			

El aceite de fritura debe tener características químicas que contribuyan a su vida útil; por ejemplo, la relación inicial entre el contenido de ácidos grasos saturados e

insaturados, la cual determina la estabilidad del producto durante el proceso de fritura. En diferentes estudios se proponen aceites con alto contenido de ácidos grasos mono insaturados especialmente ricos en ácido oleico como el aceite y las oleínas de palma, aceite de oliva y girasol (Cassal et al., 2010, Aladedunye et al., 2013, mencionados por Zapata, A. *et al.*, 2014).

4.1.3.2 CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS POLARES

En este estudio se utilizó el dispositivo Testo 270, sugerido por Wei-an *et al.* (2013), el cual mide el porcentaje de compuestos polares al ser sumergido dentro de la muestra que se encuentra a temperatura mayor de 160 °C y es agitado suavemente durante 20 segundos para permitir la adecuada homogenización de la misma. Este rápido método detecta la constante dieléctrica del aceite otorgada por la presencia de compuestos polares. Esta constante es convertida a % compuestos polares basado en formulas establecidas por los fabricantes.

Cuadro 16. Variación del % compuestos polares después del proceo de fritura.

CICLO DE FRITURA	ACEITE VEGETAL		
	A1	A2	A3
F1	10.67 ± 0.289	12.50 ± 0.000	12.33 ± 0.289
F2	11.83 ± 0.289	12.83 ± 0.289	13.17 ± 0.289
F3	12.33 ± 0.289	13.33 ± 0.289	13.33 ± 0.289
F4	14.00 ± 0.000	13.83 ± 0.289	13.83 ± 0.289
F5	15.33 ± 0.289	14.17 ± 0.289	14.33 ± 0.289
F6	15.83 ± 0.289	14.50 ± 0.500	15.17 ± 0.289

Se consideraron dos factores experimentales: número de ciclo de fritado (F) y tipo de aceite vegetal (A). Los que variaron de acuerdo con un diseño factorial de dos factores.

Para el factor ciclo de fritado se fijaron seis niveles (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 y F_6) de 10 minutos cada uno y para tipo de aceite vegetal se fijaron tres niveles (aceite de girasol, aceite de maíz y aceite de soya). El % compuestos polares se evaluó para un total de 54 determinaciones. (Cuadro 17).

Según Ramirez, C. *et al.*, 2012, el contenido de compuestos polares totales en un aceite nuevo debe oscilar entre 0,5 – 3.0%. De acuerdo con los resultados obtenidos para compuestos polares totales, se observó, primero, que los valores de las muestras iniciales, para los tres aceites, se encontraron un poco por encima de los límites establecidos para aceites refinados. Se verificó también que las muestras iniciales de los aceites de maíz y soya presentaron valores superiores al encontrado para el aceite de girasol, probablemente debido al procesamiento industrial.

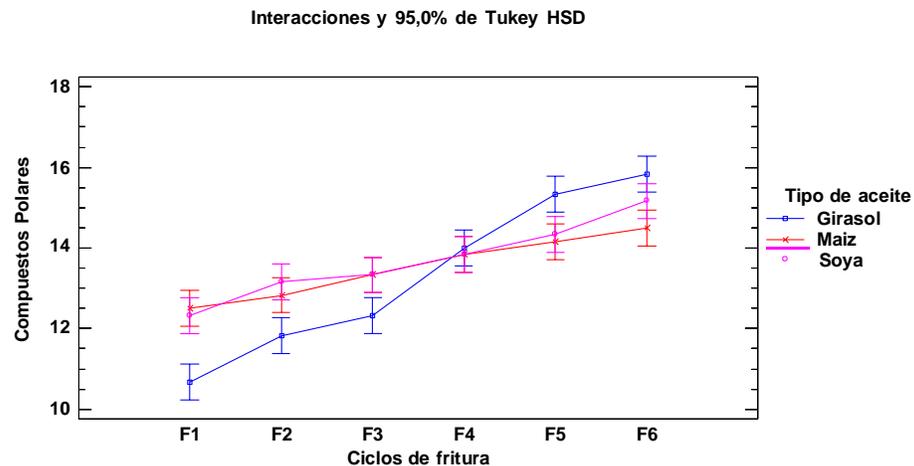


Figura 17. Efecto del ciclo de fritura en la concentración de compuestos polares.

En la Figura 17 se observa la variación de la concentración de compuestos polares de los aceites vegetales residuales conforme se incrementan los ciclos de fritura, la cual tiende a aumentar para los tres tipos de aceites utilizados. El aceite de girasol presentó

mayor tendencia al aumento de concentración de compuestos polares ($15.83 \pm 0.0289 \%$), en comparación al aceite de maíz cuya tendencia fue menor ($14.50 \pm 0.500 \%$) presentando un comportamiento lineal. El contenido de compuestos polares (CP) en aceites fritos es un indicador preciso y confiable de oxidación degradación de los aceites para freír. Aquí, la determinación del contenido de TPC ha sido ampliamente utilizado para evaluar la calidad de los aceites para freír (Aladedunye *et al.*, 2008).

En cuanto a los aceites dentro de cada ciclo de fritura, se observó que en el mismo ciclo de fritura los valores de compuestos polares totales de los aceites de maíz y soya no diferían significativamente entre sí, y ambos diferían de los valores encontrados para el aceite de girasol. Este hecho puede estar atribuido a la diferencia del grado de insaturación de los aceites analizados.

Entre los aceites estudiados, se verificó que el aceite de maíz refinado presentó, a lo largo de los ciclos de fritura, menor formación de compuestos polares y, consecuentemente, mayor estabilidad oxidativa. (Mara da Silva , 2006).

La susceptibilidad de los lípidos a la oxidación es a menudo evaluada determinando la concentración de productos de oxidación intermedios y finales. Zapata *et. al.*, (2015) determinaron productos totales e intermedios de oxidación mediante la aplicación de técnicas como % Compuestos Polares y Trienos conjugados/Valor peróxido, respectivamente. Según la Norma Técnica Colombiana (NTC 5225), los Compuestos Polares (CP), incluyen sustancias presentes en grasas no sometidas a altas temperaturas, tales como monoglicéridos, diglicéridos, ácidos grasos libres y otros, al igual que los productos de oxidación final (aldehídos y cetonas) originados en su mayoría durante el calentamiento del aceite.

La hidrólisis de los TAG ocurre debido a la presencia de humedad de los alimentos, liberando ácidos grasos libres (FFA), monoglicéridos (MAG) y diaglicéridos (DAG). Los ácidos grasos insaturados en los glicéridos son propensos a oxidarse a altas temperaturas generando compuestos de glicéridos oxidados (Li *et al.*, 2017). En el análisis proximal de la papa blanca se determinó que esta presenta alta humedad (73.99 %), lo cual pudo contribuir a la hidrólisis de los ácidos grasos presentes en el aceite vegetal dando lugar a las posteriores reacciones.

Para proteger a los consumidores del riesgo de consumo de alimentos freídos con aceites deteriorados en varios países se han establecido regulaciones, donde el límite para establecer que el aceite no puede emplearse en la producción de alimentos corresponde a un contenido de material polar del 25% (Firestone, D. 2004).

Cuadro 17: Análisis de varianza para la concentración de compuestos polares.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de aceite	1.17593	2	0.587963	7.06	0.0026
B:Ciclos de fritura	71.8148	5	14.363	172.36	0.00001
INTERACCIONES					
AB	14.9907	10	1.49907	17.99	0.00001
RESIDUOS	3.0	36	0.0833333		
TOTAL (CORREGIDO)	90.9815	53			

El Cuadro 18 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente contenido de Compuestos Polares (%), como se puede observar el tipo de aceite, ciclos de fritura y la interacción de ambas variables son estadísticamente significativos ya que tiene valores p menores a 0.05 (p-valor de tabla 0.05 para un 95% de confiabilidad).

Se ha demostrado que la composición de ácidos grasos influye en la generación de compuestos polares sobre el proceso de fritura. Por ejemplo, Zribi *et al.* (2014) mostraron que un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados (UFA) en los aceites resultó en un mayor nivel de compuestos polares durante el proceso de fritura. También se ha informado que los aceites con alto contenido de oleico mostraron un nivel más bajo de compuestos polares después de un período de fritura en comparación a los aceites con menos ácido oleico (Li *et al.*, 2017)

4.1.4 ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS PAPAS FRITAS

4.1.4.1 COLOR

Se realizó el análisis de varianza del color de papas fritas para los tratamientos: Aceite del ciclo de fritura 1 y aceite del ciclo de fritura 6, como se puede observar en el Cuadro 19, los resultados evaluados por los panelistas fueron muy homogéneos esto debido a que presenta un valor-p mayor a 0.05 (valor-P de tabla al 95% de confiabilidad) indicando que no hay diferencias significativas entre los resultados de los panelistas. Para el caso de los tratamientos se puede observar que sí hay diferencias significativas entre ambos ciclos de fritura.

Cuadro 18: Análisis de varianza para el color de papas fritas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Panelistas	21,0	39	0,538462	0,97	0,5320
B:Tratamiento	8,45	1	8,45	15,29	0,0004
RESIDUOS	21,55	39	0,552564		
TOTAL (CORREGIDO)	51,0	79			

El color es una característica muy importante es un atributo fundamental en la valoración organoléptica y, parecer ser, un primer criterio del juicio sobre la calidad del mismo y sobre las preferencias del consumidor. Así mismo, se sabe que la fritura de los alimentos en aceite fresco muestra la apariencia de un alimento crudo, ya que estos no pardean y se cree que a medida que aumenta el contenido de compuestos polares aumenta la intensidad en el color del alimento, hasta que éste se torna demasiado oscuro sin llegar a la cocción en el centro del alimento (Suaterna, 2009).

En la Figura 17, se puede observar que el ciclo de fritura 1 tuvo mayor puntuación por lo panelista para el atributo Color.

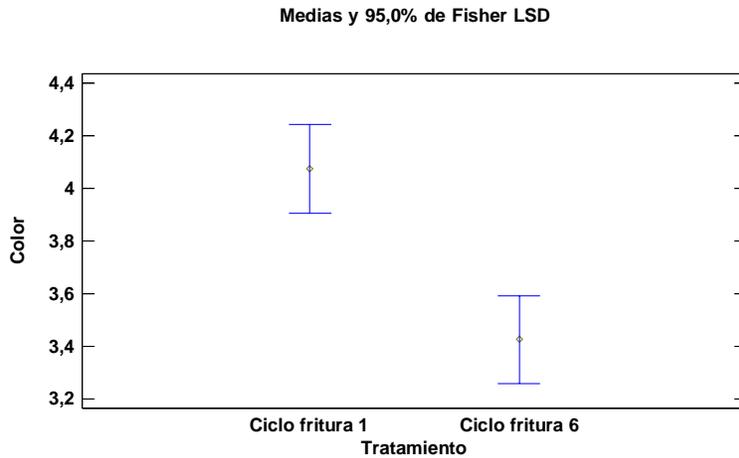


Figura 18: Gráfico de medias para el color de papas fritas.

4.1.4.2 OLOR

Se realizó el análisis de varianza del olor de papas fritas para los tratamientos: Aceite del ciclo de fritura 1 y aceite del ciclo de fritura 6, como se puede observar en el Cuadro 20, los resultados evaluados por los panelistas fueron muy homogéneos esto debido a que presenta un valor-p mayor a 0.05 (valor-P de tabla al 95% de confiabilidad) indicando que no hay diferencias significativas entre los resultados de los panelistas. Para el caso de los tratamientos se puede observar que si hay diferencias significativas entre ambos ciclos de fritura.

Cuadro 19: Análisis de varianza para el olor de papas fritas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Panelistas	31,75	39	0,814103	1,33	0,1860
B:Tratamiento	7,2	1	7,2	11,80	0,0014
RESIDUOS	23,8	39	0,610256		
TOTAL (CORREGIDO)	62,75	79			

En la Figura 18, se puede observar que el ciclo de fritura 1 tuvo mayor puntuación por lo panelista en el olor.

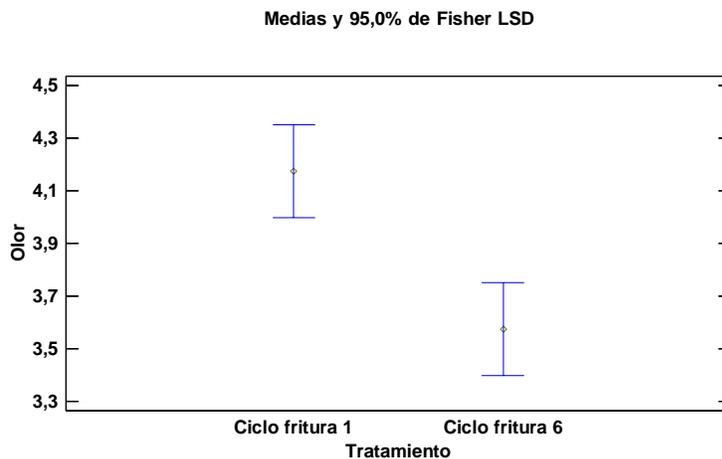


Figura 19. Gráfico de medias para el olor de papas fritas.

4.1.4.3 SABOR

Se realizó el análisis de varianza del sabor de papas fritas para los tratamientos: Aceite del ciclo de fritura 1 y aceite del ciclo de fritura 6, como se puede observar

en el Cuadro 21, los resultados evaluados por los panelistas fueron muy homogéneos esto debido a que presenta un valor-p mayor a 0.05 (valor-P de tabla al 95% de confiabilidad) indicando que no hay diferencias significativas entre los resultados de los panelista. Para el caso de los tratamiento se puede observar que si hay diferencias significativas entre ambos ciclo de fritura.

Cuadro 20: Análisis de varianza para el sabor de papa frita.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Panelistas	15	39	0,384615	0,9	0,6339
B:Tratamiento	11,25	1	11,25	26,19	0.00001
RESIDUOS	16,75	39	0,429487		
TOTAL (CORREGIDO)	43	79			

Durante el proceso de fritado, los triglicéridos presentes en los aceites se desdoblan y se liberan ácidos grasos libres por efecto del calentamiento, provocando una mayor tendencia a la formación de humo en el proceso y/o sabores indeseables. Valenzuela, A. et al (2003).

En la Figura 19, se puede observar que el ciclo de fritura 1 tuvo mayor puntuación por lo panelista para el atributo Sabor.

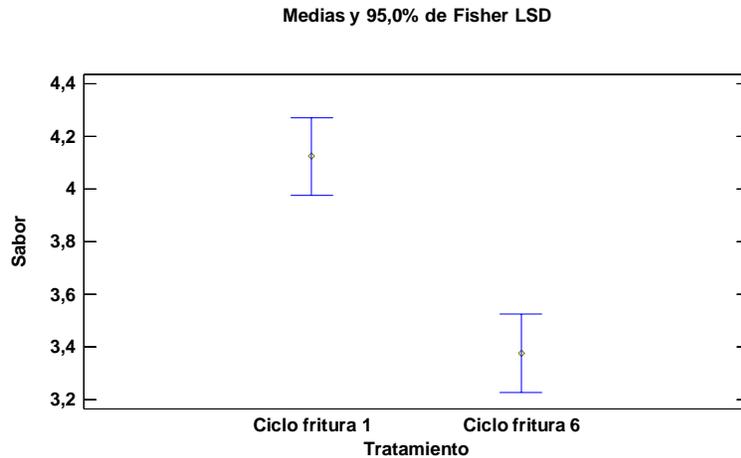


Figura 20. Gráfico de medias para el sabor.

4.2 INFLUENCIA DE LA RELACIÓN MASA DE PAPA/VOLUMEN DE ACEITE EN EO Y CP

Para la determinación de la influencia que ejerce la relación de la masa de papa/volumen de aceite vegetal en la estabilidad oxidativa y concentración de compuestos polares, se realizaron dos procesos de fritura de seis ciclos de fritado cada uno. En el primer proceso de fritura se frieron 100 g de papa blanca en 2 L de aceite de aceite de soya. En el segundo proceso de fritura se frieron 300 g de papa blanca en 2 L de aceite de aceite de soya. En ambos casos, el tiempo de cocción de la papa (ciclo de fritura) fue de 10 minutos.

Los principales factores que contribuyen a la degradación del aceite durante el proceso de fritura son: la temperatura de cocción, tiempo de fritura, relación de superficie de contacto del aceite con el exterior/ volumen del aceite, tipo de calentamiento, renovación del aceite, naturaleza y cantidad de alimento a freír, presencia de contaminantes metálicos, equipos utilizados en el proceso de fritura y la presencia de antioxidantes en los aceites.

Usualmente se utilizan temperaturas de calentamiento superiores a 180 °C, es ahí donde el aceite emite humo y tienen lugar los procesos oxidativos (Freire, P. *et al.*, 2013). El tiempo de fritura también está directamente relacionado con la degradación de aceites y grasas. Así mismo, la duración del proceso de fritura no solo depende de la temperatura del aceite y el alimento a freír, sino también de la cantidad de alimento, su tamaño, forma y contenido inicial de aceite.

En este estudio la temperatura de calentamiento fue de 180 ± 5 °C y el tiempo para cada ciclo de fritura fue de 10 minutos. En el Cuadro 22 se observa que la EO del sexto ciclo de fritura es menor al freír 300 g de papa (2.60 ± 0.012 h) que al freír solo 100 g (2.65 ± 0.006 h).

Cuadro 21: Estabilidad oxidativa para la relación masa de alimento/volumen de aceite.

CICLO DE FRITADO	MASA ALIMENTO/VOLUMEN ACEITE	
	100g/2L	300g/2L
F1	3.31 ± 0.026	3.14 ± 0.057
F2	2.99 ± 0.072	2.88 ± 0.060
F3	2.75 ± 0.006	2.70 ± 0.036
F4	2.71 ± 0.036	2.67 ± 0.017
F5	2.69 ± 0.010	2.64 ± 0.010
F6	2.65 ± 0.006	2.60 ± 0.012

Respecto al tipo de fritura, McSavage, J. y Trevisan, S., 2001 mencionados por Freire, P. *et al.* (2013) refieren que la fritura por inmersión, puede ser continua (prolongada) y discontinua (repetida). De estas, la fritura discontinua presenta mayor daño a la calidad del aceite, mientras que en la fritura continua, el vapor resultante del proceso se ralentiza la oxidación al recubrir la superficie de aceite o grasa, evitando el contacto con oxígeno atmosférico.

El tipo de fritura utilizado fue discontinua, donde terminado el ciclo de fritura, el aceite se enfrió y almacenó en una botella de vidrio transparente a temperatura ambiente, dando lugar a que otros factores como la luz y el oxígeno contribuyan también en la degradación del aceite. Esta reacción se puede observar en la Figura 20. Todos los aceites se deterioran lenta o rápidamente dependiendo de factores controlables y no controlables. Entre los controlados se encuentran las prácticas de manejo, el tipo de fritura, la relación entre cantidad de alimento y volumen de aceite, el tipo de alimento, la temperatura que alcanzan los aceites, la reposición o no de aceite, el retiro de los restos de alimentos en el aceite y el tiempo de utilización. Entre los no controlables se resalta la presencia de oxígeno. (Suaterna, A., 2009)

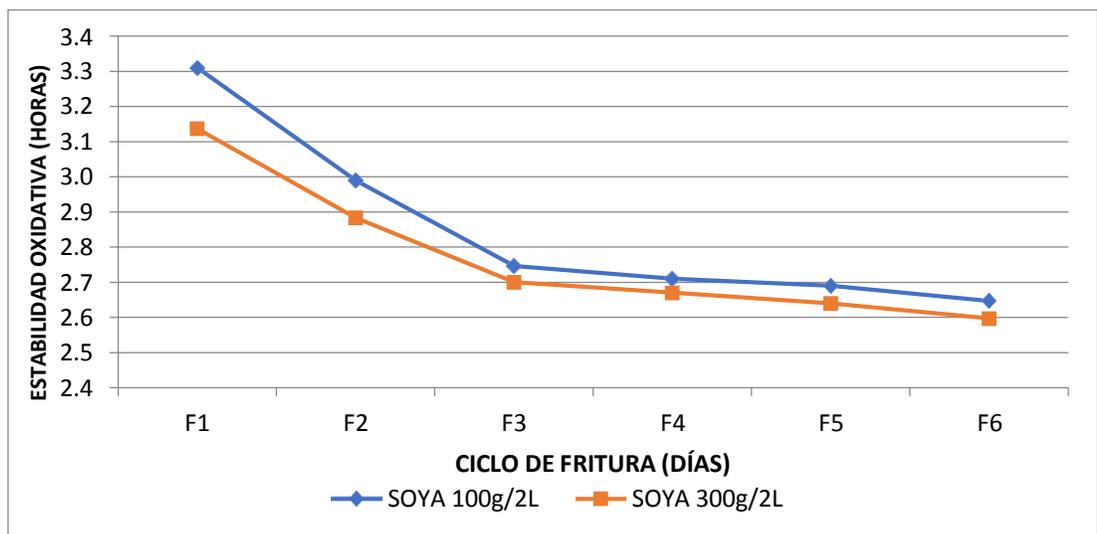


Figura 21. Relación masa/volumen en la estabilidad oxidativa.

Damy, P. y Jorge, N., 2003 mencionados por Freire, P. *et al.* (2013) verificaron que existen cambios físicos y químicos en el aceite de soya y grasa vegetal utilizados durante el proceso discontinuo de fritura (0.5; 3.5; 5.5 y 7.5 horas). Los autores observaron que

el aceite de soja refinado mostró una mayor alteración y una mayor tendencia a la polimerización en relación con la grasa vegetal hidrogenada, independientemente de las temperaturas y de los tiempos de fritura.

El incremento de ciclos de fritura aumenta la concentración de compuestos polares. Marcano, J. et al, (2010) reporta que el contenido de compuestos polares aumenta hasta 9.34 ± 0.02 % en el octavo ciclo de fritura de papa. La modificación de aceites utilizados en procesos repetitivos de fritura de papa, con y sin reemplazo de aceite fresco bajo condiciones similares, evidencian que con una frecuente renovación del aceite, el contenido de compuestos polares no suele llegar al 25 % y disminuyendo su deterioro, pues la fritura tiende a incrementar el nivel de compuestos polares y compuestos termooxidativos (polímeros, dímeros, triglicéridos y triglicéridos oxidados), durante los primeros ciclos de fritura, seguidos por cambios de menor importancia y observándose una tendencia a alcanzar un estado de equilibrio en sucesivas frituras. Cuesta, C. y Sánchez, J., 1998 (Marcano, J. et al, 2010)

Cuadro 22. Concentración de compuestos polares para la relación masa de alimento/ volumen de aceite.

CICLO DE FRITADO	MASA PAPA/VOLUMEN ACEITE	
	100g/2L	300g/2L
F1	11.33 \pm 0.289	12.33 \pm 0.289
F2	12.17 \pm 0.289	13.17 \pm 0.289
F3	12.67 \pm 0.289	13.33 \pm 0.289
F4	13.33 \pm 0.289	13.83 \pm 0.289
F5	13.50 \pm 0.500	14.33 \pm 0.289
F6	14.17 \pm 0.289	15.17 \pm 0.289

Con respecto a la renovación/adición de aceite nuevo, cuanto mayor sea la tasa de adición de aceite nuevo al que está en uso, mejor será su calidad. La frecuente incorporación de

aceite nuevo (15% a 25%) en el aceite para freír disminuye la formación de CP, diglicéridos y ácidos grasos libres, aumentando su vida útil. En este estudio, en el proceso de fritado discontinuo no se realizó renovación ni adición de nuevo aceite; es por ello que la concentración de CP pudo aumentar de $11.33 \pm 0.289 \%$ a $14.17 \pm 0.289 \%$ para 100g/2L de aceite y de $12.33 \pm 0.289 \%$ a $15.17 \pm 0.289 \%$ para 300g/2L de aceite.

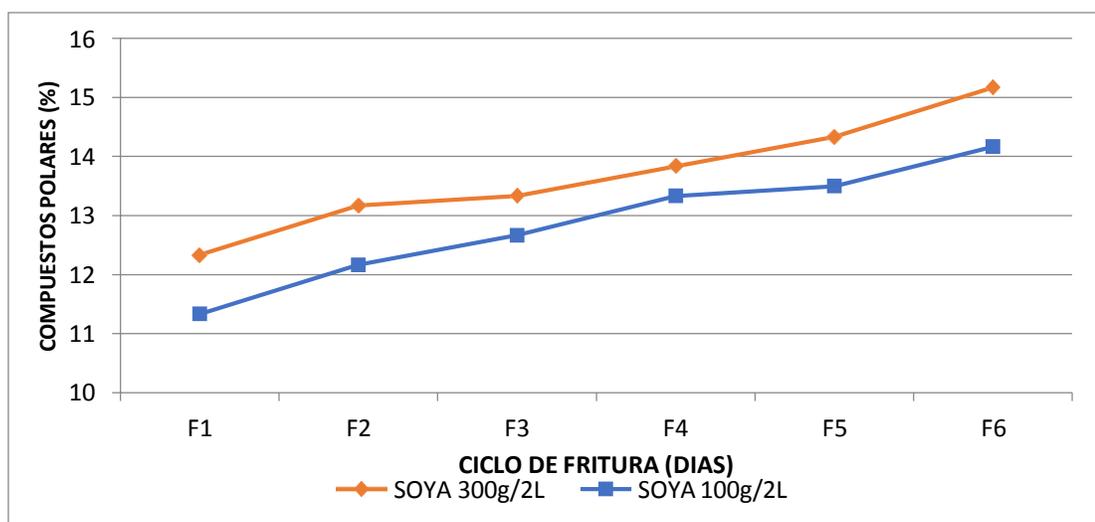


Figura 22. Relación masa/volumen en la concentración de compuestos polares (%).

4.3 CINÉTICA DE FORMACIÓN DE COMPUESTOS POLARES

Los aceites y grasas al deteriorarse producen compuestos volátiles, los cuales le brindan olor y sabor desagradable. Los estudios de estabilidad en los aceites comestibles se han realizado en función de variables que nos permitan identificar la ocurrencia de reacciones que provoquen degradación de los sus componentes, como son el índice de acidez y el índice de peróxido Así mismo, la velocidad de reacción de deterioro es evaluada y expresada como el cambio de concentración por unidad de tiempo. (Salazar de Marcano, E. *et al*, 2007).

En esta investigación, la cinética de reacción fue evaluada en base a la concentración de compuestos polares formados a través del tiempo, donde se demostró que los compuestos polares tienen tendencia a aumentar desde 9% hasta 12.5% (Cuadro 23).

Cuadro 23. Concentración de compuestos polares obtenidos a través del tiempo.

TIEMPO (min)	% CP		
	R1	R2	R3
0	9.50	9.00	9.50
10	10.00	10.00	10.50
20	10.50	11.00	10.50
30	11.00	10.00	11.00
40	11.00	11.50	11.00
50	11.00	12.00	11.00
60	12.00	12.00	12.50

El orden de la reacción se en función de la concentración de los reactantes o de los productos. Mayormente, las reacciones, siguen un modelo de orden cero o de primer orden (Sithole *et al*, 2005). Conocer el orden de la reacción permite extrapolar, mediante representaciones gráficas correctas, a los valores máximos permitidos de los índices ensayados al término fijado de su vida útil. (Salazar de Marcano, E. *et al*, 2007).

Los modelos cinéticos empleados fueron:

Modelo cinético de orden cero: $[A] = [A_0] \pm k.t$

Modelo cinético de primer orden: $[A] = [A_0]^{\pm k.t}$

Modelo cinético de segundo orden: $1/[A] = 1/[A_0] \pm k.t$

Dónde: $[A_0]$ es la concentración inicial del atributo medido y $[A]$ la concentración del atributo medido a un tiempo t , y k es una constante de velocidad.

Salazar de Marcano, E. *et al*, (2007) graficaron los valores de índice de acidez e índice de peróxido en función del tiempo de almacenamiento para establecer el orden de deterioro hidrolítico y oxidativo del aceite de semilla de coroba; y mediante regresión lineal obtuvo modelos matemáticos, donde se observó que estos presentaron un comportamiento lineal y evidenció un aumento en la pendiente de las curvas a medida que se incrementó la temperatura de ensayo. Así mismo, Basilio, J. (2015) demostró que cinética de formación de peróxidos en chifles de plátano empacados es de primer orden y que la velocidad de formación de peróxidos se incrementa con la temperatura. Finalmente, Callisaya, J. *et al*, (2016) indicaron que el proceso oxidativo de la almendra amazónica se ajusta a una cinética de orden cero, donde la concentración de MDA se incrementa en el proceso de aceleración inducida de la peroxidación.

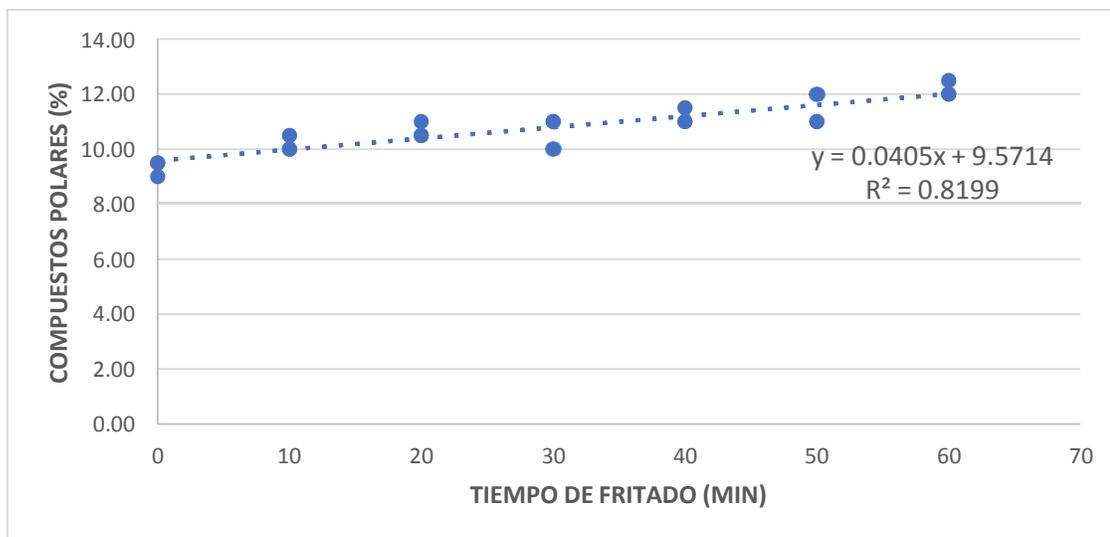


Figura 23. Cinética de formación de compuestos polares.

En este estudio, se graficaron los valores de la concentración de compuestos polares (%) obtenidos a través del tiempo (min) mediante un gráfico de dispersión, el cual demuestra el comportamiento lineal de la reacción (Figura 23), así como, que la velocidad de formación (k) es constante a lo largo del proceso de fritura (t) y que no depende de la concentración de compuestos polares [A].

Cuadro 24: Orden de reacción del modelo cinético.

Modelo Cinético	R^2	k (min-1)
Orden Cero	0.8199	0.04048 ± 0.00435
Primer Orden	0.8166	0.00378 ± 0.00041
Segundo Orden	0.7987	-0.00035 ± 0.00004

Donde:

R^2 : Coeficiente de determinación

k: velocidad de la reacción

En el cuadro 24 se observa que el coeficiente de determinación (R^2) más alto (0,8199) se obtuvo al evaluar la cinética de formación de compuestos polares con el modelo cinético de orden cero, lo cual indica que se ajusta a este modelo cinético.

V. CONCLUSIONES

- La papa canchán presenta alto contenido de humedad en su composición, lo cual al ser sometido a procesos de fritura discontinuo y sin renovación, contribuye a acelerar reacciones de oxidación, polimerización e hidrólisis en el aceite de fritura. Así mismo, su caracterización proximal está relacionado con el grado de madurez y la variedad del tubérculo.
- La relación masa de alimento/volumen de aceite es un factor importante a tomar en cuenta durante el proceso de fritura, pues mientras mayor sea el valor de este factor, mayor será la tendencia del aceite a formar compuestos polares y menor será su estabilidad.
- En el análisis fisicoquímico de los aceites del día 0 y día 6, se demostró que el proceso de fritura discontinuo aumenta el valor de L^* , (mostrando tendencia al blanco), disminuye el valor de a^* (mostrando tendencia al color verde) y aumenta el valor de b^* (mostrando tendencia al color amarillo). Así mismo, el índice de acidez, índice de peróxido, densidad relativa e índice de refracción aumentan, mientras que el índice de yodo disminuye. Estos resultados se encuentran estrechamente relacionados al contenido de ácidos grasos que compone el aceite vegetal.
- La estabilidad oxidativa y la concentración de compuestos polares son análisis que determinan la calidad del aceite de fritura. Se demostró que ambos análisis son afectados por la acidez y el número de insaturaciones del aceite, el contenido de humedad del alimento a freír y la temperatura de trabajo.

- En el análisis sensorial de papas fritas con aceite nuevo y aceite del día seis, los atributos color, olor y sabor disminuyen significativamente y esto se relaciona a la formación de componentes que alteran el sabor del producto frito.
- La cinética de formación de componentes polares demostró que el proceso de fritura continuo de papa canchán y sin renovación de aceite de soya presenta un modelo cinético de orden cero.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar la influencia de la superficie de contacto del aceite/volumen de aceite y del material del equipo para freír; así mismo, el porcentaje de compuestos polares retenidos en el alimento frito y optimizar el número de ciclos de fritado y tipo de aceite vegetal con el fin de obtener información relevante para promover una cultura de salud en la población.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Adrover-Obrador, S., Comas, F., Dalmau, M. E., Gonzalez-Centeno, M. R., Rossello, C., Garau M.C. y Femenia, A. (2012). *Influencia de los tratamientos térmicos sobre las propiedades fisico-químicas del aceite de oliva virgen extra* (Tesis doctoral). Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de las Islas Baleares.
2. Aladedunye, F. y Przybylski, R. (2008). Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(2), 149-156. doi: 10.1007/s11746-008-1328-5.
3. Alfadhil, K., Samsuzana, A. & Fakhrul, R. (2015). Capacitive sensor probe to assess frying oil degradation. *Information Processing in Agriculture*, 2(2), 142-148. doi: 10.1016/j.inpa.2015.07.002
4. AOAC Método de Análisis. 1970. *Oils and fats. Index of refraction* - Official final action. Association of Official Analytical Chemists, Washington.
5. AOCS Official Method Cd 12b-92. 2013. *On oil stability index (OSI)*.
6. Ayala, M. (2011). *Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizando en doce frituras sucesivas empleando para freír plátano hartón verde* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Javeriana.
7. Barajas, J., Castañeda, A., Contreras, E., Martínez, E., Añorve, J. González, L. y Jaime, J. (2016). Estudio de la degradación de ácidos grasos contenidos en aceites comestibles sometidos a estrés térmico. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 14-19. Recuperado de <http://fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/1/3.pdf>

8. Basilio, J. (2015). *Predicción de la vida útil de chifles de plátanos (Musa paradisiaca) mediante modelos matemáticos* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina.
9. Callisaya, J. & Alvarado, J. (2016). Estabilidad oxidativa en almendras de *Bertholletia excelsa*; deterioro acelerado del fruto seco en condiciones termales. *Revista Boliviana de Química*, 33(2), 62 – 71. Recuperado de http://scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602016000200003&lng=es&tIng=es
10. Cárdenas, M. (2012). *Proceso de obtención de harina de papa (Solanum tuberosum), de variedad Canchán* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería.
11. Chambilla, P. (2017). *Efecto de la osmodeshidratación como pre-tratamiento en el proceso de fritado de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Canchán* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano.
12. Cheenkachorna, K. (2013). A Study of Wear Properties of Different Soybean Oils. *Energy Procedia*, 42, 633-639. doi:10.1016/j.egypro.2013.11.065.
13. Ciappini, M., Gatti, M., Cabreriso, M. y Chaín, P. (2016). Modificaciones fisicoquímicas y sensoriales producidas durante las frituras domésticas sobre aceite de girasol refinado y aceite de oliva virgen extra. *Invenio*, 19 (37), 153-161. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=877/87747436010>
14. Codex Alimentarius. CODEX STAN 19-1981. *Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales*.
15. CODEX STAN 210. 1999. *Norma del Codex para aceites vegetales especificados*. Lima, Perú.

16. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud (1993). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Centro Nacional de Alimentación y nutrición. pp 14 (7a ed.). Perú: Autor.
17. De Luna, A. (2007). Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. *Investigación y Ciencia*, 15(37), 35-44. Recuperado de <https://Dialnet-Composicion-Procesamiento-De-Soya-Para-Consumo-Humano-6110380.pdf>
18. FAO (2012). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana: Consulta de expertos*. 29–30 (Ed. 91). España: Autor.
19. Erickson, M. (2007). *Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications*. (2 ed). United states: Academic Press and AOCS Press.
20. García-Moreno, P., Pérez-Gálvez, R., Guadix, A & Guadix, E. (2013). Influence of the parameters of the Rancimat test on the determination of the oxidative stability index of cod liver oil. *Food Science and Technology*, 51(1), 303-308. doi: 10.1016/j.lwt.2012.11.002
21. Guillén, M. & Cabo, N. (2002). Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. *Food Chemistry*, 77(4), 503– 510. doi: 10.1016/S0308-8146 (01)00371-5
22. Hernández, C., Rodríguez, Y., & Niño, Z. (2009). Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (*Zea mays*) sobre la Calidad del Aceite Extraído. *Información tecnológica*, 20(4), 21-30. doi: 10.4067/S0718-07642009000400004
23. Hernandez-Rodas, M., Morales, J., Valenzuela, R., Morales, G., y Valenzuela, A. (2016). Beneficios de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3 en la

- enfermedad por hígado graso no alcohólico. *Revista chilena de nutrición*, 43(2), 196-205. doi: 10.4067/S0717-75182016000200013
24. Instituto Nacional de Innovación Agraria (2012). *Papa INIA 303 – Canchán*. Ministerio de Agricultura. Dirección de extensión agraria. Programa Nacional de medio y comunicación técnica. Perú: Autor.
25. Karpinska-Tymoszczyk, M., Danowska-Oziewicz, M., Borowski, J. & Białobrzewski, I. (2011) The effect of different level of air steam saturation during cooking in the oven and vacuum storage on the quality of turkey meat. *Food Science and Technology Research*, 17(2) 139-148. doi:10.3136/fstr.17.139
26. Li, X., Li, J., Wang, Y., Cao, P. & Liu, Y. (2017) Effects of frying oils' fatty acids profile on the formation of polar lipids components and their retention in French fries over deep-frying process. *Food Chemistry*. 237, 98-105. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.100
27. Maki, K., Lawless, A., Kelley, K., Kaden, V., Geiger, C. & Dicklin, M. (2015). Corn oil improves the plasma lipoprotein lipid profile compared with extra-virgin olive oil consumption in men and women with elevated cholesterol: Results from a randomized controlled feeding trial. *Journal of Clinical Lipidology*, 9(1), 49-57. doi: 10.1016/j.jacl.2014.10.006
28. Manual Testo 270. (2006). Manual práctico: Medición del aceite a cocinar.
29. Mara da Silva, C. & Neuza, J. (2006). Oxidative stability of vegetable oils used in frozen cassava chips frying. *Food, Science and Technology*, 26(1). pp. 27 – 32. doi: 10.1590/S0101-20612006000100005

30. Marcano, J., La Rosa, Y. & Salina, N. (2010). Influencia del proceso de fritura en profundidad sobre el perfil lipídico de la gras contenida en patatas tipo “french”, empleando oleína de palma. *Grasa y aceites*, 61(1), 24 – 29. doi: 10.3989/gya.053309
31. Mathias-Rettig, K y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos como un criterio de calidad medible. *Food and Technology Sciences*, 42(2). doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07
32. Freire, P.. et al., Mancini-Filho, J. & Ferreira, T. (2013). Major physical and chemical changes in oils and fats used for deep frying: Regulation and effects on health. *Revista de Nutrición*, 26(3). pp.353-368. doi: 10.1590/S1415-52732013000300010
33. Minagri (2012). *Dirección de extensión agraria*. Programa nacional de medios y comunicación técnica. Perú: Autor.
34. Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G. y Valenzuela, R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista chilena de nutrición*. 43(1), 87-90. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art13.pdf>
35. Mora, E. y Rojas, J. (2007). Los cultivos líderes de la agricultura venezolana (1984-2005). *Agroalimentaria* 12(25), 33-44. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542007000200003&lng=es&tlng=es
36. Navas, P. (2010). *Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales*. (Tesis de licenciatura) Universidad de Castilla La Mancha.

37. Norma mexicana NMX-F-066-S-1978. *Determinación de cenizas en alimentos*. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>
38. Norma mexicana NMX-F-068-S-1980. Alimentos. *Determinación de proteínas*. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>
39. Norma mexicana NMX-F-083-1986. Alimentos. *Determinación de humedad en productos alimenticios*. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-083-1986.PDF>
40. Norma mexicana NMX-F-090-S-1978. *Determinación de fibra cruda en alimentos*. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-090-S-1978.PDF>
41. Norma mexicana NMX-F-154-SCFI-2010. Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. *Determinación del valor de peróxido: método de prueba*. Disponible en: <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-154-SCFI-2010.pdf>
42. Norma mexicana NMX-F-252-SCFI-2011. Alimentos. *Aceite comestible puro de soya*. Especificaciones. Disponible en: https://caisatech.net/uploads/XXI_2_MXD_C10_NMX-F-252-SCFI-2011_R0_12AGO2011.pdf
43. Norma mexicana NMX-F-408-S-1981. Alimentos para humanos. Aceites y grasas vegetales o animales. *Determinación del índice de yodo por el método de Hanus*. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704652&fecha=18/12/1981

44. Norma mexicana NMX-F-427-1982. *Alimentos. Determinación de grasa (método de hidrólisis acida)*. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-427-1982.PDF>
45. Norma técnica colombiana NTC 5225 (2013). *Grasas y aceites animales y vegetales: determinación del contenido de compuestos polares*. ICONTEC. Disponible en: <https://docplayer.es/56473920-Norma-tecnica-colombiana-5225.html>
46. Obregón, A., & Repo, R. (2013). Evaluación fisicoquímica y bromatológica de cuatro variedades nativas de papa (*Solanum SPP.*). *Ciencia e investigación*. 16(1), 38-40. doi: 10.15381/ci.v16i1.8634
47. Piedrahita, A. (2015). *Estabilidad oxidativa y vida útil del aceite de choibá (Dipteryx oleifera benth.) suplementado con extracto de romero (Rosmarinus officinalis l.)*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional De Colombia.
48. Ramírez, C., Gómez, B., Suaterna, A., Martínez, J., Cardona, L. y Rojano, B. (2012). Contenido de compuestos polares totales en aceites de cocina previo uso más vendidos en Medellín. (Colombia). *Perspectivas en nutrición humana*. 14 (1), 59-69. Recuperado de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/article/view/10958/12434>
49. Rivera, Y., Gutierrez, C., Gómez, R., Matute, M. y Izaguirre, C. (2014). Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de fritura en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería*. 35(3). pp. 157 – 164. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=5075/507550626005>

50. Resolución Ministerial N°965-2014/MINSA (2014) *Norma sanitaria para el funcionamiento de restaurantes y servicios afines*. Disponible en: <https://www.educacionenred.pe/noticia/?portada=64699>
51. Salazar de Marcano, E., Douglas, B., Marín, G. y Moreno, H. (2007). Cinética de deterioro del aceite de la semilla de la palma coroba (*Attalea maripa*). *SABER. Revista multidisciplinaria del consejo de investigación de la universidad de oriente*. 19(2), 172 – 182. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739433008.pdf>
52. Sithole, R. McDaniel, M. & Meunier, L. (2005). Rate of Maillard Browning in Sweet Whey Powder. *Journal of Dairy Science*. 88(5), 1636-1645. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72835-6
53. Sanhueza, J., Durán, S. y Torres, J. (2015). Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *Nutrición Hospitalaria*. 32(3), 1362-1363. doi: 10.3305 / nh.2015.32.3.9276
54. Suaterna, A. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en nutrición humana*. 11(1), 39-53. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v11n1 /v11n1a4.pdf>
55. Tacias, V., Rosales, A. y Torrestiana, B. (2016). Evaluación y caracterización de aceites y grasas residuales de cocina para la producción de biodiesel: Un caso de estudio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 32(3). pp. 303 – 313. doi: 10.20937 /RICA.2016.32.03.05
56. Torrejón, C. y Uauy, R. (2011). Calidad de grasa, arterioesclerosis y enfermedad coronaria: efectos de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans. *Revista médica de Chile*. 139(7), 925-928. doi: 10.4067/S0034-98872011000700016

57. Ubhayasekera S. y, Dutta P. (2009). Sterols and oxidized sterols in feed ingredients obtained from chemical and physical refining processes of fats and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 86(6), 595-604. doi: 10.1007/s11746-009-1388-1
58. Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S. y Petersen, G. (2003). Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. *Aceites y grasas*. 53(4), 568-573. Disponible en: <https://oncouasd.files.wordpress.com/2014/10/frituras-estudio-comparativo.pdf>
59. Valenzuela, B. y Sanhueza, J. (2009). Aceites de origen marino; su importancia en la nutrición y en la ciencia de alimentos. *Revista chilena de nutrición*. 36(3), 246-247. doi: 10.4067 / S0717-75182009000300007
60. Yusta, A., SMartín, A. y Guillén, M. (7 – 9 de noviembre del 2012). *Evolución del color del aceite en frituras repetidas de salmón. Influencia del tipo de aceite*. VII Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España.
61. Wei-An, C., Chihwei, C., Wei-Chih , C., Chao-Kai , H. & Meng-I , K. (2013) Total polar compounds and acid values of repeatedly used frying oils measured by standard and rapid methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 21(1). pp. 58 – 65. doi: 10.6227 / jfda.2013210107
62. Zapata, A., Vanegas, L. y Rojano, B. (2014). Oleína de palma estabilizada con antioxidante natural de romero en un proceso discontinuo de fritura. *Información Tecnológica*. 25(2), 131 – 140. doi: 10.4067 / S0718-07642014000200015
63. Zapata, K., Piedrahita, A., Alzate, A., Cortés, F. y Rojano, B. (2015). Estabilización oxidativa del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) con suspensiones de

mortiño (*Vaccinium meridionale* SW). *Revista Ciencia en Desarrollo*. 6(2), 141 – 153.

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882015000200003

64. Zribi, A., Jabeur, J., Aladedunye, F., Rebai, A. Matthaus, B. & Bouaziz, M. (2014). Monitoring of quality and stability characteristics and fatty acid compositions of refined olive and seed oils during repeated pan- and deep-frying using GC, FT-NIRS, and chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(42), 10357-10367. doi: 10.1021 / jf503146f

VIII. ANEXOS

ANEXO 01: ANÁLISIS PROXIMAL DE LA PAPA CANCHÁN

1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	A	B	C	% HUMEDAD
R1	35.48	40.48	36.82	73.27
R2	43.64	48.64	44.89	75.04
R3	37.79	47.79	40.42	73.68

Donde:

A: Peso de placa vacía (g).

B: Peso de placa + muestra húmeda (g).

C: Peso de placa + muestra seca (g)

2. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

MUESTRA	A	B	% NITRÓGENO	% PROTEÍNA
R1	2.43	1.01	0.34	2.11
R2	2.15	1.00	0.30	1.88
R3	2.12	1.00	0.30	1.85

Donde:

A: Volumen del HCl empleado en latitulación (mL).

B: Masa de muestra (g).

Normalidad del HCl=0.1

3. DETERMINACIÓN DE GRASA

MUESTRA	A	B	C	% GRASA
R1	27.718	27.725	3.003	0.24
R2	27.999	28.004	3.004	0.19
R3	27.998	28.004	3.001	0.20

Donde:

A: Masa del balón + grasa seca (g).

B: Masa del balón vacío (g).

C: Masa de la muestra (g)

4. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

MUESTRA	A	B	C	% CENIZAS
R1	46.27	43.28	3.01	0.81
R2	39.86	36.88	3.00	0.85
R3	40.80	37.82	3.00	0.70

Donde:

A: Masa del crisol + muestra (g).

B: Masa del crisol + cenizas (g).

C: Masa de la muestra (g)

5. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

ANÁLISIS	R1	R2	R3	PROMEDIO	DS
HUMEDAD	73.27	75.04	73.68	74.00	0.9284
PROTEÍNAS	2.11	1.88	1.85	1.95	0.1437
GRASA	0.24	0.19	0.20	0.21	0.0246
CENIZAS	0.81	0.85	0.70	0.79	0.0779
FIBRA CRUDA	0.46	0.46	0.46	0.46	0.0000
CARBOHIDRATOS	23.12	21.58	23.11	22.60	0.8833



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Estrella Estefanía Cueva Paredes , estudiante de la						
Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería Agroindustrial					
Departamento Académico:	Agroindustria					
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		
Programa:						
De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:						
“EFECTO DEL NÚMERO DE CICLOS DE FRITADO DE PAPA BLANCA Y TIPOS DE ACEITE VEGETAL EN LA ESTABILIDAD Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS POLARES DE CADA ACEITE RESIDUAL”						
presentado en 94 folios, para la obtención del Grado académico:						()
Título profesional:	(X)	Investigación anual:			()	
<ul style="list-style-type: none">➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.						
Nuevo Chimbote, 04 de Noviembre del 2020						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Estrella Estefanía Cueva Paredes						
DNI: 70106899						

NOTA: **Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesistas e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.**