



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES Y UN ACEITE VEGETAL PURO
UTILIZADAS EN LA FRITURA DE POLLO EN FUNCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE LOS
ACEITES VEGETALES Y DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DEL PRODUCTO FRITO**

Mario Luis Velásquez Albores

Asesorado por el Ing. César Alfonso García Guerra

Coasesorado por la Inga. Adela María Marroquín

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES Y UN ACEITE VEGETAL PURO
UTILIZADAS EN LA FRITURA DE POLLO EN FUNCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE LOS
ACEITES VEGETALES Y DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DEL PRODUCTO FRITO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO LUIS VELÁSQUEZ ALBORES

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA
COASESORADO POR LA INGA. ADELA MARÍA MARROQUÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

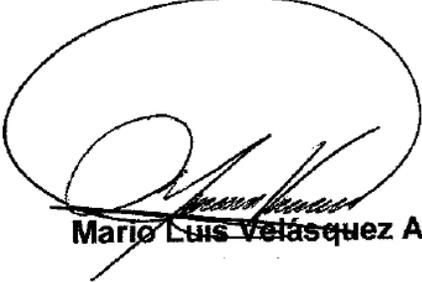
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl De León De Paz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES Y UN ACEITE VEGETAL PURO
UTILIZADAS EN LA FRITURA DE POLLO EN FUNCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE LOS
ACEITES VEGETALES Y DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DEL PRODUCTO FRITO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha mayo de 2012.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Mario Luis Velásquez Albores'.

Mario Luis Velásquez Albores



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 17 de septiembre de 2012
Ref. EI.Q.TG-IF.042.2012

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-014-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Vladimir Iván Pérez Soto**

Identificado con número de carné: **2007-14399**

Previo a optar al título de INGENIERO QUÍMICO.

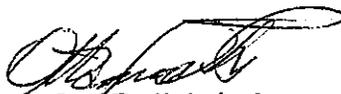
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**PROCESO Y FABRICACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTOS DEL BRÓCOLI
(Brassica oleracea Var. Italica) Y SU IMPLEMENTACIÓN PARCIAL EN UN
PRODUCTO DE PANIFICACIÓN**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Palma**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Irig. Otto Raúl de León
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2009 - 2012





Guatemala, 09 de agosto de 2012.

Ingeniero
Victor Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC
Ciudad de Guatemala

Estimado Ingeniero Monzón Valdez:

Por este medio hago de su conocimiento que Vladimir Iván Pérez Soto, estudiante de la carrera de Ingeniería Química con carné número 200714399, quien realizó el informe final del trabajo de graduación con tema **“PROCESO Y FABRICACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTOS DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea Var. Italica*) Y SU IMPLEMENTACIÓN PARCIAL EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN”**. El cual ha sido realizado por el estudiante, para la inmediata revisión, corrección y aprobación. Por lo que hago de su conocimiento que YO como asesor apruebo el informe final de trabajo de graduación, pues su contenido es completo y adecuado al tema cumpliendo también con lo establecido en el normativo para la elaboración de informe final de trabajo de graduación.

Sin otro particular, me despido de usted.

Deferentemente,

Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
Asesora

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.014.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **VLADIMIR IVÁN PÉREZ SOTO** titulado: "**PROCESO Y FABRICACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTOS DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *italica*) Y SU IMPLEMENTACIÓN PARCIAL EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, enero 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **PROCESO Y FABRICACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTOS DEL BRÓCOLI (Brassica oleracea var. Italica) Y SU IMPLEMENTACIÓN PARCIAL EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario Vladimir Iván Pérez Soto, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 25 de enero de 2013

/cc

ACTO DE DEDICO A:

Dios	Padre todopoderoso, por darme el don de la vida, derramar tus bendiciones sobre mí y permitirme alcanzar una meta más, la gloria por siempre a ti.
Mis padres	Luis Felipe y María Luisa, por su valioso ejemplo, confianza y amor incondicional.
Mis hermanas	Ana Luisa y María José, por ser las mejores amigas con las que siempre voy a contar.
Mi abuela	Sonia de Albores, por sus valiosas enseñanzas a lo largo de mi vida.
Mi hija	Mariana, el ángel que cambio mi vida, por darme la felicidad inagotable y el deseo de disfrutar cada día de mi vida.
Mi esposa	Alejandra, mi amiga, novia y esposa por estar siempre a mi lado disfrutando de la felicidad de la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Gracias Padre, por permitirme alcanzar una meta más.
Mis padres	Por sus desvelos, esfuerzos, amor, paciencia y excelentes enseñanzas y valores.
Mis hermanas y abuela	Por su amor incondicional y confianza.
Alejandra y Mariana	Por ser la fuente de inspiración y apoyo incondicional.
Familia García-Salas Pérez	Por apoyarme siempre y abrirme las puertas de su hogar.
Mis amigos	Por acompañarme en el camino hacia el éxito profesional.
Ingenieros	César Alfonso García Guerra y Adela María Marroquín, gracias por sus sabios consejos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS / HIPÓTESIS	XVII
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Principio de aceites o grasas para las frituras	1
1.1.1. Aceites o grasas utilizadas para frituras	2
1.1.2. Oleínas	3
1.2. Mezcla de aceites para frituras	4
1.2.1. Aceites o grasas utilizadas para la fritura del pollo	5
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Aceite vegetal	9
2.2. Componentes de los aceites	10
2.2.1. Triglicéridos	10
2.2.2. Glicerol	11
2.2.3. Ácidos grasos	11
2.2.3.1. Ácidos grasos esenciales	11
2.2.4. Grasas saturadas e insaturadas	12
2.2.4.1. Grasas saturadas	12
2.2.4.2. Grasas insaturadas	13

	2.2.4.2.1.	Grasas monoinsaturadas.....	13
	2.2.4.2.2.	Grasas polinsaturadas.....	13
2.2.5.		Antioxidantes	14
	2.2.5.1.	Antioxidantes naturales	15
	2.2.5.2.	Antioxidantes artificiales	15
2.3.		Características y propiedades fisicoquímicas de los aceites vegetales	15
	2.3.1.	Capacidad calorífica	16
	2.3.2.	Densidad	16
	2.3.3.	Punto de humo	16
	2.3.4.	Palatabilidad	17
	2.3.5.	Punto de congelación	17
	2.3.6.	Color	17
	2.3.7.	Olor y sabor	18
2.4.		Tipos de aceites vegetales y características	18
	2.4.1.	Aceite de soya	18
	2.4.2.	Aceite oleína de palma	19
	2.4.3.	Aceite de girasol	20
	2.4.4.	Mezclas de aceites vegetales.....	21
2.5.		Comportamiento del aceite en la fritura.....	22
2.6.		Descomposición de los aceites	24
	2.6.1.	Alteración de los aceites.....	24
		2.6.1.1. Peroxidación y oxidación.....	25
		2.6.1.2. Polimerización	25
		2.6.1.3. Microorganismos	26
		2.6.1.4. Acroleínas	26
		2.6.1.5. Acilamidas	27

	2.6.1.6.	Hidrólisis	27
	2.6.1.7.	Compuestos polares	28
2.7.		Análisis fisicoquímicos de los aceites	28
	2.7.1.	Índice de yodo	28
	2.7.2.	Grado de acidez	29
	2.7.3.	Índice de peróxidos.....	29
	2.7.4.	Compuestos polares	29
	2.7.5.	Color lovibond	30
	2.7.6.	Olor y sabor	30
2.8.		Selección de aceites para frituras.....	31
2.9.		Freidora para la fritura de alimentos	32
	2.9.1.	Freidora HP 500	32
	2.9.2.	Proceso de fritura de pollo	34
	2.9.3.	Reacción maillard	35
	2.9.4.	Propiedades sensoriales.....	35
	2.9.5.	Evaluaciones sensoriales	36
	2.9.6.	Panel sensorial	36
3.		DISEÑO METODOLÓGICO	39
	3.1.	Variables.....	39
	3.2.	Delimitación del problema	39
	3.3.	Recursos humanos.....	43
	3.4.	Recursos físicos	43
	3.5.	Materia prima.....	43
		3.5.1. Accesorios y equipos	43
		3.5.2. Equipos.....	44
	3.6.	Técnicas cuantitativas o cualitativas	46
	3.7.	Recolección y ordenamiento de la información	47
	3.8.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información ..	48

3.8.1.	Obtención de la curva de temperatura	48
3.8.2.	Obtención de los resultados sensoriales e índices de calidad	48
3.8.3.	Procedimiento de análisis de laboratorio	48
3.8.3.1.	Índice de yodo	49
3.8.3.2.	Índice de peróxidos	50
3.8.3.3.	Grado de acidez	51
3.8.3.4.	Olor y sabor	51
3.8.3.5.	Porcentaje de compuestos polares	51
3.8.3.6.	Evaluación del producto frito por parte del panel sensorial.....	52
3.8.4.	Diseño experimental.....	52
3.9.	Análisis estadístico	53
4.	RESULTADOS.....	59
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	77
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	APÉNDICE	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Aceite oleína de palma	5
2.	Piezas de pollo	6
3.	Proceso de fritura	7
4.	Triglicérido	10
5.	Molécula de glicerol.....	11
6.	Ácidos grasos.....	12
7.	Aceite utilizado en 18 frituras, aceite nuevo	23
8.	Molécula de acroleína	26
9.	Molécula de acrilamida.....	27
10.	Freidora HP 500	33
11.	Diagrama de freidora HP 500.....	33
12.	Procedimiento a seguir en la evaluación de cada mezcla de aceites vegetales	41
13.	Procedimiento a seguir en la evaluación de cada mezcla de aceites vegetales en la fritura de pollo.....	42
14.	Freidora industrial HP 500.....	44
15.	Medidor de compuestos polares	44
16.	Manómetro	45
17.	Termómetro.....	45
18.	Mostrador de post fritura	46
19.	Diagrama de flujo para la selección del fluido térmico	47
20.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la textura visual a 100 frituras	53

21.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la textura de la carne a 100 frituras	54
22.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la sal a 100 frituras.....	54
23.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial del sabor a 100 frituras	55
24.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial del color a 100 frituras	55
25.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la jugosidad de la carne a 100 frituras	56
26.	Prueba de tukey para la propiedad de la pungencia a 100 frituras	56
27.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial del color a 150 frituras	57
28.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la jugosidad de la carne a 150 frituras	57
29.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la pungencia a 150 frituras	58
30.	Prueba de tukey para la propiedad sensorial del sabor a 150 frituras	58
31.	Monitoreo de temperatura de la mezcla de aceites vegetales oleína de palma-aceite de girasol (70/30) a 10 frituras a presión constante de 12 PSI	59
32.	Monitoreo de temperatura de la mezcla de aceites vegetales oleína de palma-aceite de soya (75/25) a 10 frituras a presión constante de 12 PSI	60
33.	Monitoreo de temperatura de la mezcla de aceites vegetales oleína de palma-aceite de soya (80/20) a 10 frituras a presión constante de 12 PSI	61
34.	Monitoreo de temperatura del aceite puro oleína de palma a 10 frituras a presión constante de 12 PSI	61
35.	Comportamiento del índice de yodo en ciclos de producción de pollo frito, para las mezclas de aceites y oleína de palma pura	62
36.	Comportamiento del índice de peróxidos en ciclos de producción de pollo frito, para las mezclas de aceites y oleína de palma pura.....	62

37.	Comportamiento del grado de acidez en ciclos de producción de pollo frito, para las mezclas de aceites y oleína de palma pura	63
38.	Comportamiento del grado de acidez en ciclos de producción de 210 frituras, para la mezcla de aceite oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	63
39.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30	64
40.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	64
41.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	65
42.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	65
43.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 125 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	66
44.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 150 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	66
45.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 175 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	67
46.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 200 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	67
47.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 210 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).....	68
48.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25).....	68
49.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25).....	69
50.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25).....	69

51.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25).....	70
52.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 125 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25).....	70
53.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 150 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25).....	71
54.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20).....	71
55.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20).....	72
56.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20).....	72
57.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20).....	73
58.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 125 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20).....	73
59.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 150 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20).....	74
60.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando aceite puro oleína de palma	74
61.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando.....	75
62.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando aceite puro oleína de palma	75
63.	Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando aceite puro oleína de palma.....	76

TABLAS

I.	Definición de variables independientes, dependientes y de respuesta ...	39
----	---	----

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
cm	Centímetros
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
°K	Grados Kelvin
g	Gramos
Ha	Hipótesis alternativa
Ho	Hipótesis nula
Hz	<i>Hertz</i> (hercios)
meqO/Kg	Mili equivalentes de oxígeno/kilogramo de muestra
mL	Mililitros
min	Minutos
N	Normalidad
No	Número
Pa	Pascales
Psi	<i>Pound per squareinch</i> (Libra sobre pulgada cuadrada)
s	Segundos
V	Voltaje

GLOSARIO

Aceite vegetal	Son ácidos grasos saturados o insaturados esterificados a una molécula de glicerol que generalmente varían en longitud.
AOCS	American Oil Chemist's Society (Sociedad de Aceites Químicos Americanos) sociedad internacional científica profesional para personas naturales y jurídicas interesadas en las grasas, aceites, surfactantes, detergentes y productos conexos.
Compuestos polares	Son enlaces químicos entre dos átomos o grupos idénticos en cuyos electrones que constituyen el enlace están distribuidos entre ambos átomos o grupos. Cuando los átomos o grupos unidos tienen una electronegatividad distinta, los electrones estarán desplazados hacia uno de los átomos o grupos, confiriéndole una cierta carga negativa (por lo general son compuestos enlazados a oxígenos: -COOH, -OH, -CHO, -NH ₂ , ácidos grasos libres, entre otros).

Cuadro hedónico	Tabulación en el cual se detallan todas las propiedades sensoriales del producto a evaluar y su puntuación para la clasificación dentro de los parámetros específicos.
Descomposición de aceites	Proceso por el cual un aceite sufre deterioro químico debido al estrés térmico sufrido al ser sometido a condiciones bruscas de temperatura y presión, desde el inicio de su uso hasta llegar a su total descomposición que conlleve a su descarte.
Freidora industrial	Equipo adecuado para realizar el proceso de fritura de algún alimento, la freidora tiene como objetivo transformar la energía eléctrica en calor por medio de resistencias eléctricas, de esta forma se da la transferencia de calor al aceite y del aceite (fluido térmico) al producto a freír.
Índice de peróxidos	Es el número de miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa oxidada, el cual da una estimación de la calidad del fluido térmico utilizado en la fritura.
Índice de yodo	Escala utilizada para definir el grado de insaturación de un compuesto orgánico. Representa la cantidad de yodo que se absorbe en los ácidos grasos, principalmente en aquellos que poseen dobles y triples enlaces, en presencia de un catalizador contenido en el reactivo utilizado.

Mezcla de aceites Vegetales	Proporción de dos o más aceites vegetales con el objetivo de mejorar las condiciones de rendimiento y vida útil durante su uso.
Panel sensorial	Grupo de personas capacitadas en el análisis sensorial de los alimentos con el objetivo de evaluar diferentes tipos de alimentos y calificar la mejor combinación de parámetros.
Porcentaje de acidez	El índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos libres en 1 gramo de muestra.
Proceso de fritura de alimentos	Procedimiento mediante el cual un producto a freír se introduce crudo o cocido en el aceite (fluido térmico) durante determinadas condiciones de presión, tiempo y temperaturas
Propiedades sensoriales	Es un parámetro organoléptico (olor, color, sabor, textura, entre otros) percibido debido a las combinaciones de sensaciones químicas.

RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar diferentes mezclas de aceites vegetales y un aceite vegetal puro en la fritura de piezas de pollo, las cuales no alteren las propiedades sensoriales del producto frito analizando los índices de calidad para determinar la estabilidad y vida útil.

Para probar cada mezcla y aceite puro se utilizó una freidora industrial del tipo HP 500, la cual tiene la capacidad de almacenar 7 galones obteniendo una fritura de 40 piezas de pollo, durante las primeras 10 frituras se monitorearon las variables de proceso (temperatura, presión y tiempo) para determinar su estabilidad al freír. Para el análisis de los índices de calidad de cada mezcla de aceites y aceite puro se tomaron muestras a cada 25 frituras las cuales fueron reportadas al laboratorio del proveedor de los aceites vegetales y se analizó lo siguiente: compuestos polares, porcentaje de acidez, índice de yodo e índice de peróxidos.

Para determinar las variaciones sensoriales del producto frito se contó con un panel sensorial formado por 10 panelistas expertos, el cual fue el encargado de calificar las pruebas sensoriales del producto frito dicha prueba se realizó a cada 25 frituras logrando determinar la existencia de desviaciones.

Es importante resaltar que para obtener un resultado exitoso ambos parámetros (sensoriales e índices de calidad) deben ser satisfactorios. Al tabular y analizar los resultados obtenidos se observó que la mezcla oleína de palma-girasol 70/30 es la mezcla que cumple con ambos parámetros obteniendo mayor rendimiento durante los ciclos de producción de pollo frito.

En el análisis estadístico es importante resaltar que únicamente se trabajó la parte sensorial del estudio debido a que solo en dichos parámetros se evidenciaron desviaciones en los límites superiores. En los resultados obtenidos se muestra la existencia de una diferencia significativa entre las mezclas de aceites y aceite puro, siendo la proporción de oleína de palma-girasol 70/30 la mezcla con resultados satisfactorios, los cuales se apegan al modelo estimado por la empresa, obteniendo la mayor durabilidad a lo largo de los ciclos de producción de pollo frito en 210 frituras.

OBJETIVOS

Generales

Evaluar tres mezclas seleccionadas de aceites vegetales comerciales y un aceite puro para la fritura de pollo en función de los índices de calidad de los aceites vegetales y propiedades sensoriales del producto frito en base a un número de ciclos de fritura.

Específicos

1. Evaluar la estabilidad de tres mezclas de aceites vegetales (oleína de palma-aceite girasol 70%-30%, oleína de palma-aceite de soya 75%-25% y oleína de palma-aceite de girasol 80%-20%) y aceite oleína de palma puro, en una freidora industrial HP 500, para cuarenta piezas de pollo, respectivamente; con temperatura, presión y tiempo establecidos, a cada 25 ciclos de fritura.
2. Monitorear los índices de calidad (índice de yodo, índice de peróxidos, grado de acidez y compuestos polares) de las mezclas de aceites vegetales seleccionados y aceite puro. En una freidora industrial HP 500, para cuarenta piezas de pollo, respectivamente; con temperatura, presión y tiempo establecidos, cada 25 ciclos de fritura.
3. Determinar las variaciones en las propiedades sensoriales del producto frito según el cuadro hedónico de la empresa, con cada una de las mezclas de los aceites vegetales seleccionados y aceite puro, en una

freidora industrial HP 500, para cuarenta piezas de pollo, respectivamente; con temperatura, presión y tiempo establecidos, a cada 25 ciclos de fritura.

4. Determinar la vida útil, en tiempo real (ciclos de fritura), de las tres diferentes mezclas de aceites vegetales y aceite puro en función de monitorear a cada 25 ciclos de fritura los índices de calidad de los aceites vegetales y las propiedades sensoriales del producto frito.

HIPÓTESIS

Es posible utilizar una mezcla de aceites vegetales, que contenga entre 60% - 100% aceite de oleína de palma combinado con aceite de girasol o aceite de soya apto para la fritura de alimentos. La condición de aceptación es que no altere las propiedades sensoriales del producto frito y que obtenga un buen rendimiento analizando los índices de calidad de los aceites.

Hipótesis estadística

Hipótesis nula

No existe una mezcla de aceites vegetales, que contenga entre 60% - 100% aceite de oleína de palma combinado con aceite de girasol o aceite de soya apto para la fritura de alimentos y que no altere las propiedades sensoriales del producto frito y obtenga un buen rendimiento de ciclos de fritura analizando los índices de calidad de los aceites.

Hipótesis alternativa

Existe una mezcla de aceites vegetales, que contenga entre 60% - 100% aceite de oleína de palma combinado con aceite de girasol o aceite de soya apto para la fritura de alimentos y que no altere las propiedades sensoriales del producto frito y obtenga un buen rendimiento de ciclos de fritura analizando los índices de calidad de los aceites.

INTRODUCCIÓN

La fritura de alimentos es un proceso fisicoquímico utilizado por millones de personas y entidades alrededor del mundo, cada día las empresas buscan encontrar nuevos fluidos térmicos para dicho proceso. En este proyecto se evaluaron tres mezclas de aceites vegetales y un aceite puro, los cuales fueron puestos a prueba en una freidora industrial (HP 500) donde fueron fritas 40 piezas de pollo por cada ciclo de fritura.

En el mercado surgen de nuevas materias primas para ser utilizadas en el proceso de fritura, aceites puros mejorados o mezclas de aceites vegetales las cuales son probadas y analizadas durante todo el proceso de fritura evaluando los índices de calidad de los aceites para establecer su vida útil, además de evaluar las características propias del aceite o mezclas de aceites es necesario evaluar la parte principal del proceso, el alimento frito, para ello se han creado los paneles sensoriales que son grupos de personas expertos en estudiar las propiedades sensoriales de los productos resultantes de este proceso.

Para poder llegar resultado final de la investigación fue necesario controlar las variables de proceso, las cuales fueron constantes durante todas las pruebas. El objetivo principal del trabajo de investigación es evaluar diferentes mezclas de aceites y un aceite puro en la fritura de alimentos en función de los índices de calidad de cada mezcla y aceite puro y propiedades sensoriales del producto frito.

1. ANTECEDENTES

1.1. Principio de aceites o grasas para las frituras

El aceite también llamado fluido térmico ha sido utilizado por el hombre desde hace 6 000 años, siendo una técnica antigua en la preparación de alimentos. El proceso de frituras tiene su registro en la historia, existiendo evidencia en culturas antiguas como Roma, Egipto y China, además estaban presentes en Europa y África Occidental.

Tras la cría de cerdos de crecimiento rápido en los siglos XVIII y XIX, a pequeña escala convirtiéndose en los Estados Unidos en una forma de transformar los restos de comida, los desechos de las cosechas y la basura en calorías. Muchas de estas calorías venían en forma de grasa y manteca refinada. La manteca era utilizada en casi todos los platos y siendo un ingrediente fundamental para muchos platos caseros. La necesidad económica y nutricional de consumir manteca y otras grasas parecidas llevó al auge de las frituras en todo el mundo.

Fue por factores nutricionales y económicos que los continentes como Europa, África y Asia empezaron a cosechar y obtener aceites de plantas vegetales para uso comestible. Los primeros aceites obtenidos fueron del fruto del olivo y algodón.

Durante el siglo XX se realizaron estudios sobre diversas plantaciones para la extracción de aceites vegetales, surgiendo aceites como el de soya, girasol, oleína de palma, uva, coco entre muchos más. Investigaciones

recientes se han realizado para la mejoras en los aceites de uso comestible y uso en las frituras, desarrollando antioxidantes químicos y refinaciones en plantas de producción de aceite obteniendo un producto más competitivo, duradero, con mejor rendimiento, menos dañino para la salud optimizando la compra venta y el uso del aceite.

1.1.1. Aceites o grasas utilizadas para frituras

Los aceites o grasas para uso comestible han sido utilizados desde mucho tiempo atrás, por consiguiente no es un producto nada nuevo, pero es necesario conocer las características y las condiciones de utilización de los diferentes tipos de aceite a fin de controlar los posibles riesgos. En la actualidad, los alimentos fritos gozan de una popularidad cada vez mayor en el mundo y son aceptados por personas de todas las edades. La preparación de estos productos es fácil y rápida y su aspecto y sabor se corresponden con los deseados por el consumidor.

Esta situación ha conllevado a que la fritura se haya generalizado en los establecimientos de alimentos rápidos *fastfoods*, en los restaurantes, en la propia industria alimenticia, por ejemplo los llamados *snacks*, también en los hogares, etc. Grandes cadenas de comida rápida han crecido y desarrollado al pasar los años por lo que para muchas personas y empresarios este negocio significa el consumo de grandes cantidades de aceites. Es posible mencionar que la industria de aceites y grasas es fuente de empleo, investigación, desarrollo tecnológico, estudios e implementaciones. Durante varios años los investigadores han desarrollado la obtención de aceites vegetales para el uso en las frituras. Para los empresarios la forma de elección de un aceite empieza por el costo, disponibilidad, rendimiento y cumplimiento en el área legal y que no afecte la salud del consumidor.

Se han utilizado por mucho tiempo grasas animales como cebos refinados, mantecas refinadas, grasas vegetales como margarinas, mantecas vegetales entre otras. Los aceites más utilizados para frituras se encuentran el de soya, oleína de palma, girasol, oliva, canola, cacao y muchos más. Los más utilizados para frituras en grandes empresas utilizados para freír gran cantidad de productos, se encuentra el de soya, oleína de palma, girasol y canola. Estos son producidos en gran cantidad generando disponibilidad y competencia en el mercado logrando mejoras en las propiedades y características del aceite, obteniéndose un mejor rendimiento, durabilidad sin alterar propiedades específicas del producto frito.

1.1.2. Oleínas

El fraccionamiento de un aceite es el proceso por el cual se obtiene los sólidos que existen en un aceite a una cierta temperatura, separados de la fracción líquida que coexisten a esa temperatura en ese aceite. En realidad, la separación se verifica por medios físicos y el proceso en sí constituye un cambio en el aceite donde se ha modificado la proporción de los componentes en las fracciones obtenidas, con respecto al aceite original.

La winterización es un caso particular de fraccionamiento, ya que en este proceso se separan por cristalización, pequeñas cantidades de los componentes sólidos, ya sean éstos triglicéridos. En todos los casos, el proceso se realiza enfriando el aceite, cristalizando cuidadosamente los sólidos que existan a esa temperatura, y separando por un método que normalmente es la filtración. El proceso del fraccionamiento se emplea en el caso del aceite de palma del cual se obtiene una oleína la cual es líquida a temperatura ambiente y es utilizada en mezclas con otros aceites vegetales y la estearina la cual es sólida a temperatura ambiente.

1.2. Mezcla de aceites para frituras

La comercialización de productos fritos y crecimiento de restaurantes de comida rápida han provocado que la demanda de aceites para frituras se eleve, la disponibilidad disminuya y los precios aumenten. Varias empresas han realizado estudios para contrarrestar dichos factores logrando desarrollar mezclas de aceites. Dichos estudios buscan que las nuevas mezclas posean mayor rendimiento, durabilidad y que no alteren las propiedades sensoriales del producto frito.

Varias empresas productoras de aceites han basado sus mezclas de aceites en las especificaciones de los productos a freír, condiciones de fritura, ciclos de fritura, pedidos del cliente, disponibilidad de materia prima, costos, maquinaria para fritura, tecnología de producción, entre otras.

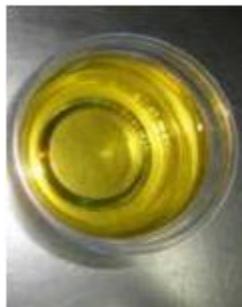
Los restaurantes dedicados a la venta de comida rápida y productos fritos han comenzado a utilizar mezclas de aceites como por ejemplo de algodón-maíz, girasol-canola, girasol-oleína de palma, obteniéndose mejores resultados sensoriales en el producto frito, la mejora del proceso de fritura y en el impacto económico de reducción de costos.

Recientemente se han desarrollado mezclas que involucran aceite de soya, el cual posee gran disponibilidad por su gran producción en Asia. El uso de oleína de palma y girasol en diferentes proporciones, para el uso de la industria alimenticia con el cual pueden realizar más de 180 frituras sin cambio y reposición del aceite obteniendo resultados satisfactorios en ciertos productos. Para el uso comercial las empresas han desarrollado mezclas de aceite de maíz, girasol, canola y soya, en diferentes proporciones y

composiciones estas mezclas son utilizadas en las cocinas donde el aceite se utiliza para no más de diez frituras.

Empresas alrededor del mundo invierten y dedican tiempo para estudiar el comportamiento de aceites en las frituras, logrando tener éxito en diversas mezclas y reformulando otras para llegar a condiciones óptimas de especificación. Considerando que estas mezclas cumplan con todas las especificaciones alimentarias (AOCS) además del desarrollo de antioxidantes químicos y propios del aceite.

Figura 1. **Aceite oleína de palma**



Fuente: Planta procesadora suministros de restaurante.

1.2.1. Aceites o grasa utilizadas para la fritura de pollo

En Europa la fritura de pollo se ha desarrollado al pasar los años, los inmigrantes en muchos estados del sur de Estados Unidos, tenían la tradición de freír pollo en grasa. Al introducir en el sur de los Estados Unidos el pollo frito este se convirtió en una comida básica. Tiempo después los esclavos africanos fueron llevados a trabajar en plantaciones sureñas, los cuales añadieron condimentos y especias inexistentes en la cocina tradicional, mejorando el

sabor. La mayoría de esclavos no compraba carnes caras pero tenían permitido criar pollos, ocasionando tener la costumbre de freír pollo en ocasiones especiales. Gracias a que el pollo frito se conservaba varios días en climas cálidos antes de disponer de refrigeración, se hizo muy popular épocas en las que la segregación cerró la mayoría de restaurantes.

Figura 2. **Piezas de pollo**

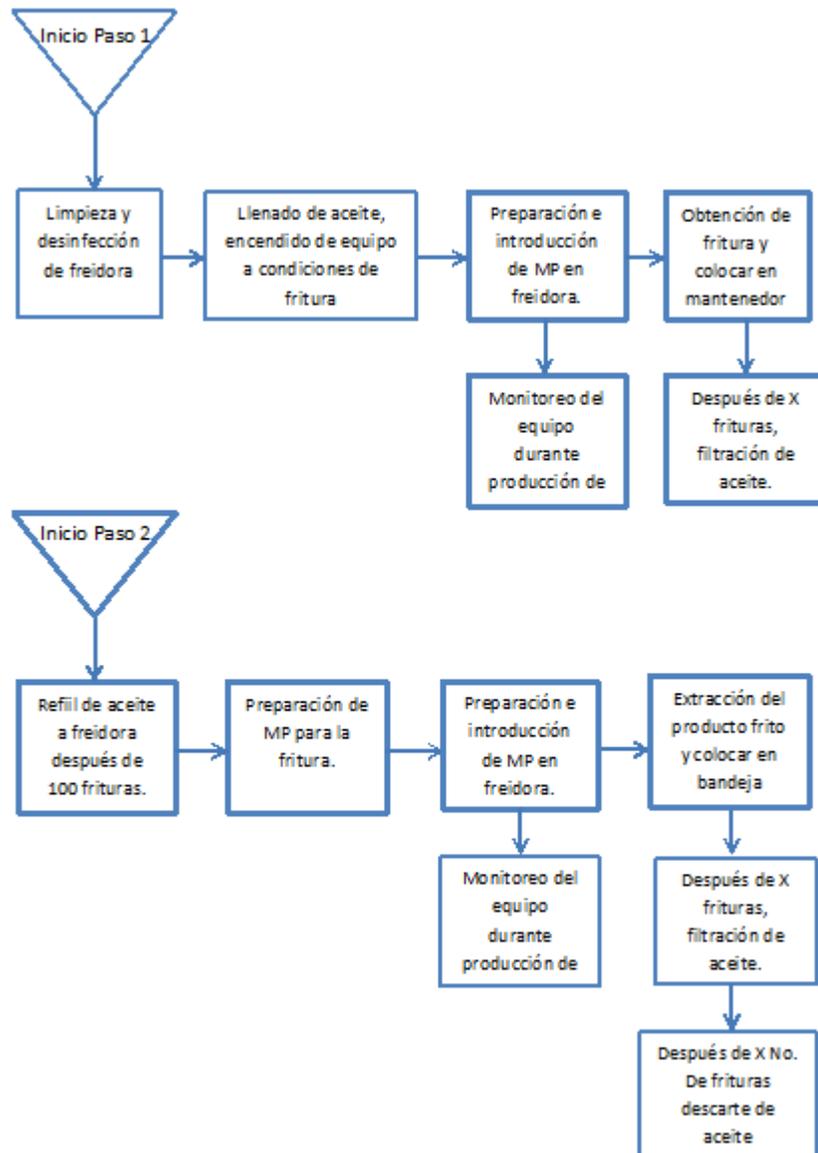


Fuente: Planta procesadora suministros de restaurante.

Con el desarrollo de la tecnología al pasar los años los métodos de fritura de pollo se fueron modernizando en cuanto a equipo y técnicas de preparación en frituras de pollo. Se empezaron a utilizar ollas donde se colocaba gran cantidad de aceite a comparación de una sartén, años después se fabricaron freidoras sencillas, en las cuales se colocaba el aceite o manteca y se sumergía el pollo para ser frito.

El proceso de fritura se fue desarrollando con el tiempo, se empezaron a crear procedimientos de fritura, se establecieron tiempos de fritura según la freidora, hasta desarrollar freidoras con tecnología de punta donde la misma hace el proceso de colado y filtrado del aceite.

Figura 3. **Proceso de fritura**



Fuente: Planta procesadora suministros de restaurante.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceite vegetal

Son triglicéridos o también llamados ésteres de la glicerina unidos a moléculas de ácidos grasos de larga cadena de hidrocarburos que generalmente varían en longitud y grado de insaturación. Estos triglicéridos refinados se obtienen de frutos o semillas de plantas oleaginosas, en cuyos tejidos se acumulan como fuente de energía.

Los aceites vegetales comestibles son indispensables para mantener el equilibrio de los lípidos, colesterol y lipoproteínas proporcionando vitaminas A, D, E, y K. Además tienen la capacidad de resaltar muchas de las características sensoriales de los alimentos, como el sabor, el aroma y la textura. El aceite vegetal puede provenir de frutos como:

- La aceituna (fruto del olivo)
- La palma
- El coco

O de semillas como:

- El girasol
- La soya

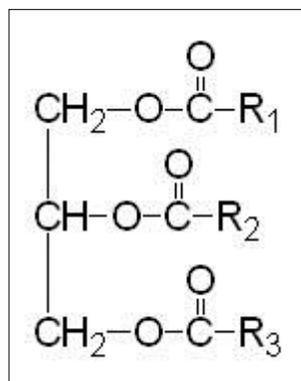
2.2. Componentes de los aceites vegetales

Los aceites vegetales están compuestos por moléculas orgánicas (glicerol y ácidos grasos saturados e insaturados) que al reaccionar forma los triglicéridos.

2.2.1. Triglicéridos

Es una molécula lipídica compleja formada por una molécula de glicerol y tres moléculas de ácidos grasos que se unen a la primera mediante tres uniones de ésteres. De acuerdo al tipo de ácido graso saturado o insaturado que conformen el triglicérido van a ser grasas o aceites. En las grasas y aceites los triglicéridos estarán formados por ácidos grasos saturados, mono y poliinsaturados.

Figura 4. Triglicérido



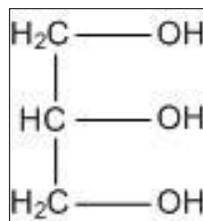
Fuente: estructura básica de los triglicéridos. themedicalbiochemistrypage.org/es/lipids-sp.php.

Consulta: septiembre 2012.

2.2.2. Glicerol

Es una molécula orgánica formada por un alcohol con tres grupos hidroxilos (–OH).

Figura 5. **Molécula de glicerol**



Fuente: Glicerina. www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/06-07/Biodiesel/glycerines.htm.

Consulta: septiembre 2012.

2.2.3. Ácidos grasos

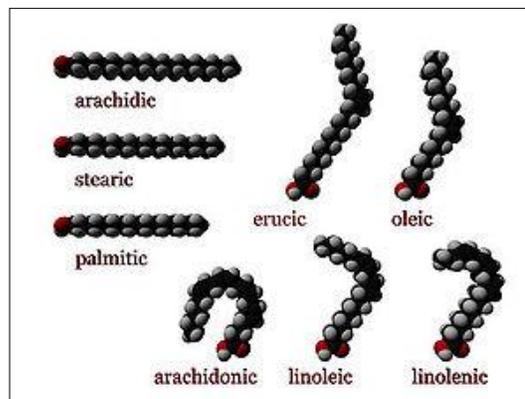
Es una biomolécula orgánica de naturaleza lipídica formada por una cadena larga hidrocarbonada lineal saturada o insaturada, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.

2.2.3.1. Ácidos grasos esenciales

Los ácidos grasos esenciales son aquellos que el organismo no puede sintetizar, por lo que es necesario obtenerlos por medio de la alimentación. Se trata de ácidos grasos poliinsaturados con todos los dobles enlaces en conformación cis. Algunos radicales grasos característicos provienen de alguno de los siguientes ácidos grasos:

- Ácido linoleico C18:2
- Ácido linolénico C18:3
- Ácido oléico C18:1
- Ácido palmitoléico C16:1

Figura 6. **Ácidos grasos**



Fuente: Ácido graso. http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_graso. Consulta: septiembre 2012.

2.2.4. **Grasas saturadas e insaturadas**

Dependiendo del tipo de ácidos grasos predominantemente en las grasas y del grado de insaturación, las grasas se clasifican en saturadas e insaturadas.

2.2.4.1. **Grasas saturadas**

Están formadas por ácidos grasos saturados. Aparecen en el sebo, mantecas, etc. Estas grasas son sólidas a temperatura ambiente. Las grasas

formadas por ácidos grasos de cadena larga (más de 8 átomos de carbono), como los ácidos láurico, mirístico y palmítico, se consideran que elevan los niveles plasmáticos de colesterol asociado a las lipoproteínas. Sin embargo, las grasas saturadas basadas en el esteárico tienen un efecto neutro.

2.2.4.2. Grasas insaturadas

Están formadas principalmente por ácidos grasos insaturados como el oleico o el palmitoleico. Son líquidas a temperatura ambiente y comúnmente se les conoce como aceites. Pueden ser el aceite de oliva, de girasol, de maíz. Son las más beneficiosas para el cuerpo humano, algunas contienen ácidos grasos que son nutrientes esenciales. Ejemplos de grasas insaturadas son las presentes en aceites comestibles.

2.2.4.2.1. Grasas monoinsaturadas

Son las que reducen los niveles plasmáticos de colesterol asociado a las lipoproteínas LDL (Colesterol de baja densidad). Se encuentran en el aceite de oliva, el aguacate, y algunos frutos secos. Elevan los niveles de lipoproteínas HDL (Colesterol de alta densidad o colesterol bueno).

2.2.4.2.2. Grasas polinsaturadas

Formadas por ácidos grasos de las series omega-3, omega-6. Las grasas ricas en ácidos grasos de la serie omega-6 reducen los niveles de las lipoproteínas LDL y HDL, incluso más que las grasas ricas en ácidos grasos monoinsaturados. Las grasas ricas en ácidos grasos de la serie omega-3 tienen un efecto más reducido, si bien disminuyen los niveles de triacilglicéridos plasmáticos.

2.2.5. Antioxidantes

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos.

Los antioxidantes desempeñan un papel fundamental garantizando que los alimentos mantengan su sabor y su color, y puedan consumirse durante más tiempo. Su uso resulta especialmente útil para evitar la oxidación de las grasas y los productos que las contienen. Cuando los antioxidantes se añaden a la grasa o aceite, se retrasa el comienzo de las últimas etapas de la auto oxidación, la ranciedad, el desarrollo de olores y sabores desagradables.

Las características que tienen que cumplir los antioxidantes para ser utilizados en el proceso de fritura son:

- Solubles en aceite para que puedan homogenizarse correctamente.
- Estabilidad térmica para que no se descompongan por las temperaturas del proceso.
- Baja volatilidad para que no escapen del aceite durante la fritura.
- Efecto de acarreo, propiedad que tiene un antioxidante de sobrevivir al proceso de fritura y luego continuar protegiendo del proceso oxidativo al aceite absorbido por el alimento frito.

2.2.5.1. Antioxidantes naturales

Los antioxidantes naturales son moléculas orgánicas que poseen origen animal o vegetal como las vitaminas, minerales, aminoácidos, flavonoides y enzimas.

Los tocoferoles (E 306; E 309), pertenecientes a la familia de la vitamina E son antioxidantes naturales que se encuentran fundamentalmente en los frutos secos, las semillas de girasol y los brotes de soja y maíz, y se utilizan esencialmente para conservar aceites vegetales.

2.2.5.2. Antioxidantes artificiales

Los antioxidantes artificiales son moléculas sintetizadas con el objetivo de evitar la oxidación de alguna sustancia. Entre ellos, los más importantes pertenecen al grupo de los galatos (E 310; E 312). Dichas sustancias se añaden principalmente a los aceites vegetales y la margarina para evitar que se pongan rancios y preservar su sabor.

Otras sustancias que no pertenecen a ninguno de los grupos anteriores son el BHA (butilhidroxianisol, E320), BHT (butilhidroxitolueno, E321) y el TBHQ (butil hidroquinona terciaria, E319) los cuales son utilizados en la industria alimenticia y en gran cantidad para aceites vegetales.

2.3. Características y propiedades fisicoquímicas de los aceites vegetales

Los aceites vegetales poseen características y propiedades fisicoquímicas que los hacen únicos e inigualables entre todos los existentes, dichas

características son básicas para la identificación del fluido térmico.

2.3.1. Capacidad calorífica

Es la energía que es necesaria para aumentar 1° Kelvin la temperatura de una determinada cantidad de una sustancia. La capacidad calorífica del aceite debe de ser analizada ya que es necesario establecer la temperatura y el tiempo de fritura adecuada para que el producto a freír no se queme por la recuperación rápida de temperatura o no se cocine por la poca transferencia de calor del aceite hacia el producto.

2.3.2. Densidad

La densidad es la cantidad de masa en un determinado volumen, la densidad se ve afectada por la temperatura y es una propiedad intensiva muy interesante ya que los aceites son sometidos a elevadas temperaturas durante largo tiempo.

2.3.3. Punto de humo

El punto de humo es la temperatura hasta la cual se puede calentar un aceite antes de que su proceso de descomposición sea evidente a la vista, con la formación de humo perdiendo así sus propiedades.

Esta descomposición implica además de cambios físicos en el que el aceite se torna oscuro. También sufre modificaciones de textura por cuanto se vuelve más viscoso y puede llegar incluso a emitir un mal olor e impartir un mal sabor a los alimentos en los que se utilice, conllevando a una menor

digestibilidad. Esto se debe a que se forman unas sustancias llamadas acreoleínas.

2.3.4. Palatabilidad

Conjunto de características sensoriales de un alimento, independientemente de su valor nutritivo, que hacen que para un determinado individuo dicho alimento sea más o menos placentero. Esta calificación es, en gran medida, una apreciación subjetiva dependiente de la experiencia previa del individuo.

2.3.5. Punto de congelación

Es la temperatura a la que alguna sustancia líquida se solidifica debido a una disminución de la temperatura, el punto de congelación se debe de analizar ya que según el lugar donde se desea realizar el proceso de fritura, los aceites tienden a solidificarse, son lugares cuya altura está por encima de los 2,300 metros a nivel del mar y por lo general son horas de la mañana o noche.

2.3.6. Color

El color es un criterio básico en la evaluación de la calidad del aceite vegetal y constituye una cualidad fundamental en el análisis sensorial. Este parámetro de calidad puede verse afectado por la variedad y el grado de madurez de la semilla o fruto, la zona de producción, el proceso de obtención y la conservación.

2.3.7. Olor y sabor

Son las características propias de los aceites vegetales, debido a que cada semilla posee sus propias características que difieren de otras semillas, también el olor y sabor puede ser modificado por el proceso de obtención y refinación, estas características se identifican por medios sensoriales, cada aceite posee un color y olor característico antes y después de su uso. Al ser utilizados el olor y sabor se alteran debido a diferentes factores como el tipo de producto a freír, condiciones de uso, entre otros.

2.4. Tipos de aceites vegetales y características

En la fritura de alimentos se logran identificar varios aceites vegetales que se adecuan a dicho proceso. Los fluidos más comercializados son: el aceite de soya, aceite oleína de palma y aceite de girasol.

2.4.1. Aceite de soya

El aceite de soya, es un aceite vegetal que procede del prensado de la soja (Glycinemax). Este aceite es abundante en ácidos grasos poliinsaturados es un aceite comestible e insaboroso conocido masivamente como aceite vegetal y es uno de los más usados alrededor del mundo. Se utiliza en hamburguesas vegetarianas, sucedáneos productos lácteos, aderezos de ensalada, mayonesas, etc.

Se caracteriza por poseer moléculas de cadena larga de 13 a 16 enlaces. Contiene ácidos grasos esenciales como linolénico u omega 3 que tiene muchas propiedades, entre ellas beneficioso para la piel y para la prevención de las enfermedades cardiacas.

Propiedades fisicoquímicas del aceite de soya

- Color: 20 amarillo / 2,0 rojo máximo
- Índice de yodo: 118 – 139
- Ácidos grasos libres o grado de acidez: 0,05%
- Ácido oleico (monoinsaturado): 17,7 – 28,5
- Ácido linoléico (polinsaturado): 49,8 – 9,5
- Ácido linolénico (polinsaturado): 5,5 – 9,5
- Ácido palmítico (saturado): 9,7 – 13,3
- Ácido esteárico (saturado): 3,0 – 5,4
- Valor de peróxidos (al envasar): 2,0 máximo
- Estabilidad AOM: 19 horas mínimo
- Apariencia: cristalina

2.4.2. Aceite oleína de palma

El aceite oleína de palma reúne varias características importantes que determinan una gran versatilidad para ser utilizado en la alimentación y en la industria. Por un lado, tiene un alto contenido en glicéridos sólidos, lo que le confiere una gran consistencia sin necesidad de hidrogenación. Es muy resistente a los procesos oxidativos, lo que le confiere una vida útil muy larga, con la consiguiente posibilidad de ser almacenado durante mucho tiempo.

La presencia de antioxidantes naturales y la ausencia del ácido linolénico confieren una excelente estabilidad al aceite en el cual se producen alimentos fritos con buen sabor y vida útil prolongada

Propiedades fisicoquímicas del aceite oleína de palma

- Color: 20 amarillo / 2,5 rojo máximo.
- Índice de yodo: 49 – 55
- Ácidos grasos libres o grado de acidez: 0,10%
- Ácido oleico (monoinsaturado): 36 – 44
- Ácido linoléico (polinsaturado): 6,5 – 12,0
- Ácido linolénico (polinsaturado): 0 – 0,50
- Ácido palmítico (saturado): 40 – 48
- Ácido esteárico (saturado): 3,50 – 6,50
- Valor de peróxidos (al envasar): 2,0 máximo
- Estabilidad AOM: 50 horas mínimo
- Apariencia: sólida – líquida

2.4.3. Aceite de girasol

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una especie originaria de América del Norte introducida en Europa como planta ornamental en el siglo XVI, que recién adquirió importancia como oleaginosa a comienzos del siglo XVIII.

La cualidad más importante del aceite de girasol es su alto contenido en vitamina E y en ácidos grasos no saturados los cuales para el humano son esenciales, ya que no los puede biosintetizar. La calidad de sus ácidos grasos (mono y poliinsaturados) junto a su riqueza en ácido linoléico, oleico y vitamina E ayuda a reducir el riesgo de sufrir problemas circulatorios, infartos y diferentes tipos de problemas cardiovasculares.

Propiedades fisicoquímicas del aceite de girasol

- Color: 15 amarillo / 1,5 rojo máximo.
- Índice de yodo: 118 – 145
- Ácidos grasos libres o grado de acidez: 0,50%
- Ácido oleico (monoinsaturado): 13 – 40
- Ácido linoléico (polinsaturado): 48 – 74
- Ácido linolénico (polinsaturado): 0 – 0,30
- Ácido palmítico (saturado): 5 – 8.
- Ácido esteárico (saturado): 2,5 – 7,0.
- Valor de peróxidos (al envasar): 2,0 máximo.
- Estabilidad AOM: 10 horas mínimo.
- Apariencia: cristalina.

2.4.4. Mezclas de aceites vegetales

Las mezclas de aceites de vegetales son realizadas para mejorar las condiciones de rendimiento y vida útil durante su uso, generalmente este procedimiento se da cuando el aceite va ser sometido a condiciones fuertes de trabajo. Las propiedades y características de cada aceites son analizadas para saber en qué proporción y que tipos de aceites formaran la mezcla de tal forma lograr una mezcla de aceites más resistente, con mayor vida útil y generando reducción de costos, además se debe de asegurar que la mezcla no altere las propiedades sensoriales del producto a freír ya que algunas mezclas pueden dar resultados para un determinado producto frito para otros no.

Los aceites más utilizados para formar las mezclas son oleína de palma, girasol y soya, cada aceites tiene propiedades diferentes que pueden hacer que el producto a freír cambie en aspecto visual y sabor, para ello se realizan

pruebas de fritura y se evalúan por medio de paneles sensoriales. Para evaluarla mezcla de aceites se extraen muestras a un determinado número de frituras para realizar análisis fisicoquímicos y de calidad, ya que para que una mezcla sea adecuada deben funcionar ambas partes, la parte sensorial del producto y la parte de calidad, rendimiento y vida útil de la mezcla oleosa.

Todo lo anterior mencionado va relacionado con los precios y disponibilidad de los aceites, ya que una mezcla también se realiza para generar una reducción de costos en los procesos.

2.5. Comportamiento del aceite en la fritura

Dentro de la gran variedad de aplicación que tienen los aceites vegetales uno de ellos es en la fritura en la cual que se someten los productos a freír, el aceite es el medio transmisor de calor y a su vez aporta sabor y textura a los alimentos, por esto, si el aceite tiene sabor u olor extraño, el alimento frito lo tendrá. El aceite pasa a formar parte de los ingredientes del producto frito al ser absorbido por este, por tanto la estabilidad del aceites y su grado de alteración tiene influencia directa en la calidad y duración del producto frito. Es importante tener muy en cuenta el sabor característico que pueda brindar el aceite ya que puede afectar la calidad del producto frito.

El alimento al ser frito libera agua que deja espacios libres que son ocupados por el aceite. La cantidad de aceite absorbido por un alimento depende en gran medida de su contenido de humedad, porosidad y superficie expuesta al aceite de fritura. Freír alimentos a temperaturas demasiado bajas provoca que los mismos atrapen más cantidad de grasa en su interior.

Al utilizar el aceite es necesario precalentarlo a una temperatura establecida para que el aceite pueda transferir el calor generado por la freidora hacia el producto, si el alimento a freír está a temperatura baja es necesario que el aceite restablezca la temperatura inicial en un tiempo determinado no muy prologando. Para observar el comportamiento de recuperación de temperatura se realizan curvas de temperatura en las cuales se analiza cada punto de la gráfica y se identifica el tiempo de recuperación, la temperatura que posee el aceite está en un rango de $\pm 10^\circ$ Fahrenheit.

El aceite antes de ser utilizado posee un color entre amarillo pálido y amarillo fuerte dependiendo de su composición. Al dar inicio con el proceso se observa que en las primeras frituras se obtiene un producto frito con color claro y al transcurrir el uso del aceite se observa que el producto frito posee un color más oscuro además que el aceite torna su color a café oscuro y la turbidez aumenta.

Figura 7. **Aceite utilizado en 18 frituras, aceite nuevo**



Fuente: Laboratorio Experimental Suministros de Restaurantes.

2.6. Descomposición de los aceites

Los aceites vegetales que son utilizados en el proceso de fritura sufren deterioro desde el inicio de fritura hasta llegar a su total descomposición y por consiguiente a su desecho.

Entre los factores que favorecen las alteraciones del aceite durante el proceso de fritura se encuentran:

- Altas temperaturas
- Exposición al oxígeno del aire
- Mayor superficie de contacto aceite-aire
- Presencia de agua desprendida por el alimento
- Largo tiempo de proceso
- Presencia de contaminantes metálicos
- Acción de la luz
- Presencia de partículas quemadas en el medio
- Contaminación por especies químicas provenientes del alimento

Los aceites pueden sufrir diferentes tipos de alteraciones o deterioros que hacen que el producto frito se afecte en sabor, aspecto, color y que a su vez sea dañino para la salud del consumidor.

2.6.1. Alteraciones de los aceites

En el proceso de fritura se presentan una serie de condiciones para que el aceite sufra el proceso de deterioro ya que la formación de compuestos dañinos depende de las condiciones del proceso.

2.6.2. Peroxidación y oxidación

Esta alteración es debido a la presencia de oxígeno en el proceso de fritura y sucede cuando el oxígeno del aire toma el lugar del hidrógeno formando hidroperóxido los cuales oxidan al aceite, el cual es acelerado por las altas temperaturas, en reacciones posteriores aparecen hidrocarburos, lactonas, alcoholes, compuestos carbonilos, ácidos, epóxidos, entre otros. La presencia de las sustancias mencionadas provoca cambios sensoriales, alteraciones en el olor y sabor, oscurecimiento en el producto frito y la afectación de su palatabilidad.

También se presenta un sabor rancio que es debido a la presencia de ácidos orgánicos de cadena corta como ácido fórmico, acético y propiónico. Los productos de la oxidación serán determinados por la composición del aceite, del alimento y condiciones de proceso. El producto final es un aceite tóxico que al ingerirlo puede generar malestares estomacales y consecuencias fatales.

2.6.3. Polimerización

Esta alteración da lugar a la formación de monómeros y dímeros, muchos de ellos son tóxicos, y oscurecen el aceite. Los polímeros favorecen a la formación de espuma y por tanto se incrementa el proceso oxidativo. Hay aumento de la viscosidad y un mayor arrastre de aceite por el producto frito. Aparece una capa de polímeros adherida a las paredes de la freidora e inclusive en la superficie del aceite que es difícil de eliminar.

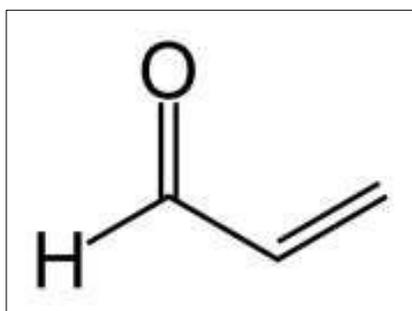
2.6.3.1. Microorganismos

Los microorganismos que se pueden presentar en el proceso de fritura como las bacterias y/o hongos que pueden afectar e introducirse en al interior de los aceites, ya que al haber hidrógenos libres, estos toman su lugar y comienzan a degradar el aceite principalmente los triglicéridos. Esto hace que el aceite expela un fuerte y poco agradable olor. Este aroma es causado por varios componentes, el principal se conoce como acroleína.

2.6.3.2. Acroleínas

La acroleína es una molécula que se obtiene a partir de la glicerina resultante de la reacción de hidrólisis de los acilglicéridos, capaz de disolverse fácilmente en agua y de evaporarse rápidamente al calentarse, además de ser inflamable. Se pueden formar en pequeñas cantidades al quemar aceite y dispersarse por el aire. Un aceite recalentado o pirolizado puede dar lugar a la formación de acroleína.

Figura 8. Molécula de acroleína

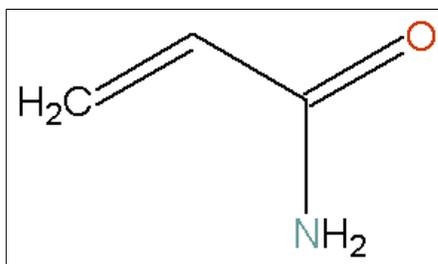


Fuente: Acroleína. es.wikipedia.org/wiki/Acrole%C3%ADna. Consulta: junio 2012.

2.6.3.3. Acrilamidas

La acrilamida es una molécula que se forma cuando se calienta comida a 120°C aproximadamente, este proceso de formación se da con mayor frecuencia con alimentos que contienen almidón. Se puede formar por diferentes formas, partiendo de compuestos presentes en la comida, como aminoácidos, proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros. Dicha molécula puede causar problemas carcinógenos en personas.

Figura 9. Molécula de acrilamida



Fuente: Acrilamida, es.wikipedia.org/wiki/Acrilamida. Consulta: junio 2012.

2.6.3.4. Hidrólisis

Es la una reacción que sucede cuando el agua tiene contacto con cualquier otra sustancia. En este caso el agua junto con un prolongado calentamiento del aceite, hace que los radicales grasos se eliminen y el agua reemplace a las moléculas de ácidos grasos. Obteniendo moléculas de agua en la estructura molecular del aceite lo que lleva a generar una serie de reacciones ya que el aceite quiere eliminar esa molécula por lo que el aceite termina por tener un sabor muy desagradable, astringente, sabor acre.

Como consecuencia de la hidrólisis hay un incremento de ácidos grasos libres por lo que se favorece la autooxidación del aceite. Además ocurre formación de metilcetonas y lactonas en cantidades reducidas y ocurre disminución del punto de humo del aceite. Los monos y diglicéridos consecuencia de la propia hidrólisis son emulsionantes y por tanto promueven el proceso.

2.6.3.5. Compuestos polares

Los compuestos polares son sustancias resultantes del deterioro sufrido durante el calentamiento de los aceites, y su contenido deberá ser menor al 25%, además se utiliza como indicador global del nivel de alteración.

2.7. Análisis fisicoquímicos de aceites

Los aceites antes, durante y al finalizar su uso poseen índices de calidad que indican la estabilidad, la calidad y rendimiento que aseguran que el producto a freír posea las propiedades organolépticas deseadas y no afecte la salud del consumidor. American Oil Chemist Society (AOCS) ha establecido diferentes métodos oficiales para realizar evaluaciones en los aceites. Ejemplo el método Cd 18-90, el cual mide los niveles de aldehídos formados, productos secundarios que se forman de la degradación de los peróxidos. Los análisis que se realizan a los aceites son:

2.7.1. Índice de yodo

Es una escala utilizada para definir el grado de insaturación de un compuesto orgánico. Representa la cantidad de yodo que absorbe dicho

compuesto del halógeno I en presencia de catalizador contenido en el reactivo utilizado. Norma Coguanor 34 072 h2.

2.7.2. Grado de acidez

El índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos libres en 1 gramo de muestra. Se determina mediante una valoración (volumetría) con un reactivo básico. El resultado se expresa como el porcentaje del ácido predominante en el material. Ejemplo del porcentaje de ácido oléico. Método AOCS Ca 5a – 40.

2.7.3. Índice de peróxidos

Se define como el número de miliequivalentes de yodo que se liberan del yoduro de potasio por kilogramo de grasa oxidada. En las primeras etapas de la rancidez oxidativa se producen diversos peróxidos que modifican las propiedades sensoriales de la grasa, por lo que la prueba del índice de peróxido sólo es representativa en las primeras etapas de la oxidación de grasas. Norma Coguanor NGO 34 072 h21.

2.7.4. Compuestos polares

Los compuestos polares son enlaces químicos entre dos átomos o grupos idénticos, los electrones que constituyen el enlace están uniformemente distribuidos entre ambos átomos o grupos, y el compuesto es eléctricamente neutro, apolar. Por el contrario, cuando los átomos o grupos unidos por el enlace tienen una electronegatividad distinta, los electrones estarán desplazados hacia uno de los átomos o grupos, confiriéndole una cierta carga

negativa, es decir, el carácter de polo negativo frente al otro que constituye el polo positivo.

Estos compuestos denominados polares, tienden a orientarse en una dirección preferente al someterlos a un campo eléctrico. Los compuestos polares son un indicador de degradación de los aceites, por medio de este análisis se puede descartar un aceite y saber cuánto uso lleva el aceite. Se pueden medir por medio de cromatografía de gases o por medio de aparatos especiales los cuales se introducen en el aceite, el resultado se puede observar en la pantalla digital del instrumento.

2.7.5. Color lovibond

Este método determina el color por comparación entre el color de la luz transmitida a través de un determinado espesor de grasa o aceite líquido (normalmente 5 ¼ pulgadas) y el color de la luz originada por la misma fuente, transmitida a través de estándares de vidrio coloreados. La escala del Lovibond Tintometer consiste de lecturas en el rojo, el amarillo, el azul y el neutro, aunque las lecturas en el rojo y en el amarillo son las más usadas. Este método es el estándar internacionalmente aceptado para la medición del color en aceites y grasas vegetales y animales.

2.7.6. Olor y sabor

El olor y sabor se identifican por medio de análisis sensoriales ya que cada aceite posee características de olor y sabor propias, dicho parámetro se obtiene por el panel sensorial de la empresa.

2.8. Selección de aceites para fritura

La selección de aceite para fritura viene ligada a las características y propiedades del alimento a freír, al proceso de fritura, tipo de freidora y condiciones de fritura. Realizando un análisis de la interrelación de todas las variables anteriores se puede seleccionar qué tipo de aceite es el adecuado para la fritura. Es necesario establecer las condiciones de fritura.

- Temperatura
- Tiempo
- Presencia de metales
- Presencia de oxígeno
- Presencia de luz
- Presencia de antioxidantes
- Características de la freidora
- Grado y velocidad de renovación del aceite en el transcurso del proceso (descarte del aceite).

Los principales criterios para la selección del aceite de fritura son:

- Estabilidad frente al calentamiento y al almacenamiento y a las condiciones reales de uso según la infraestructura con que se cuente.
- Punto de fusión, determina la apariencia (vista y tacto) de la superficie del producto y la palatabilidad de la grasa presente, dependiendo de la temperatura a la que se consuma el mismo, ya que por debajo del punto de fusión de la grasa se produce una sensación desagradable al paladar.

La importancia del aceite utilizado en la fritura es determinante, tanto en cuanto a la calidad degustativa y nutricional de la fritura resultante, como desde

un punto de vista del rendimiento y del costo. Un uso continuo o intermitente del aceite es importante, ya que el uso continuado crea una capa de vapor de agua protectora frente a la oxidación.

2.9. Freidora para la fritura de alimentos

La freidora es el equipo ideal necesario para realizar el proceso de fritura de algún alimento, la freidora tiene como objetivo transformar la energía eléctrica en calor por medio de resistencias, de esta forma se da la transferencia de calor al aceite y del aceite al producto. Para trabajar el proceso de fritura se utilizara la freidora HP 500.

2.9.1. Freidora HP 500

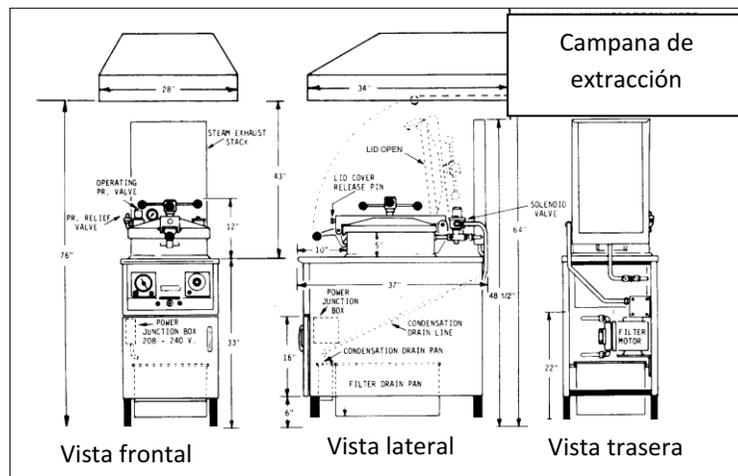
Es una freidora que su operación es con electricidad, la cual posee sensor de temperatura, perilla para ajuste de temperatura, manómetro, cronometro, un tanque para poder realizar el proceso de colado y filtrado, una pequeña bomba para subir el aceite, es una freidora cerrada que posee una canasta grande que tiene la capacidad de freír 40 piezas de pollo además de almacenar 7 galones de aceite, posee un sensor de temperatura además posee una tapa con seguro para hermetizar cuando se freír a presión. La freidora puede ser usada abierta o cerrada según se desee.

Figura 10. **Freidora HP 500**



Fuente: Laboratorio experimental Suministros de Restaurante.

Figura 11. **Diagrama de freidora HP 500**



Fuente: Manual de uso, Freidora Henny Penny 500.

2.10. Proceso de fritura de pollo

La fritura se puede describir en un proceso fisicoquímico complejo, en el cual el producto a freír se introduce crudo o cocido en el aceite durante determinado tiempo y temperaturas, para favorecer una rápida desnaturalización de las proteínas de la superficie del producto y provocar próxima impermeabilización del mismo, la que controla la pérdida de agua desde su interior, convirtiéndose en vapor.

Este procedimiento facilita la cocción interna del producto, el cual queda más jugoso y permite la conservación de muchas de las características sensoriales del alimento, mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, textura, aspecto y color. Así es posible obtener un producto más apetecible, lo cual sin lugar a dudas contribuye al éxito de consumo del pollo frito.

El grado de oscurecimiento del alimento frito depende más del tiempo y la temperatura de freído en combinación con la composición química del producto, que de la composición del aceite utilizado en la fritura. Los procesos que ocurren también producen los sabores deseados y dan lugar a una capa crujiente superficial como consecuencia de la deshidratación del alimento durante el freído. El calor reduce el contenido de humedad de esta capa hasta 3 por ciento o menos y la humedad desprendida es la causante del vapor generado durante el proceso.

El proceso de fritura puede realizarse de dos formas:

- Superficial o *Shallowfrying*: en el cual se sumerge en el aceite la superficie del alimento a freír, se realiza normalmente en sartenes o recipientes con poca profundidad agregando bajo nivel de aceite, el

producto no queda totalmente cubierto por el aceite. La parte del alimento sumergida se fríe y la que no está en contacto con el aceite se cuece debido al vapor intenso que se va desprendiendo del producto.

- Total o *Deepfrying*: se sumerge el alimento totalmente en el aceite, se lleva a cabo en freidoras caseras o industriales que contiene alto nivel de aceite, en todos los casos el producto está totalmente cubierto por el aceite y la fritura ocurre uniformemente sobre toda la superficie.

2.11. Reacción de Maillard

Es un complejo conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares presentes en los alimentos cuando éstos se calientan, técnicamente la reacción de Maillard es la glicación no enzimática de las proteínas, es decir, una modificación proteínica que se produce por el cambio químico de los aminoácidos que las constituyen. Se define también como una especie de caramelización de los alimentos y como la reacción que proporciona el color tostado de la carne durante el proceso de cocción.

2.12. Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales de los alimentos, materias primas alimentarias, especialidades de uso oral, y otros, tienen un efecto determinante sobre su consumo y éxito comercial. Las propiedades descritas como sensoriales son:

- Gusto o sabor
- Olor
- Color o aspecto

- Textura

Hay que resaltar que la respuesta sensorial es debida a combinaciones de sensaciones químicas percibidas por ejemplo en el gusto por los receptores situados en la lengua y el paladar, de moléculas esencialmente no volátiles y en el olor sensaciones obtenidas por interacción con los receptores olfativos, extendidos en los pasajes nasales y es debido básicamente a las sustancias volátiles.

2.13. Evaluaciones sensoriales

Las evaluaciones son realizadas mediante paneles sensoriales específicamente entrenados para la determinación y apreciación de sabores y aspecto de determinados productos. Los paneles son difíciles de constituir y mantener y la tendencia actual es de sustituir o complementar los paneles por métodos no sensoriales, como en el caso del olor por cromatografía de gases y descripción sensorial sistemática por expertos. Los métodos actuales en química del sabor son limitados, y tecnológicamente no demasiado avanzados.

2.13.1. Panel sensorial

Es un grupo de personas capacitadas en el análisis sensorial de los alimentos con el objetivo de probar diferentes tipos de comida o bebidas para buscar la mejor combinación de especias, frutas, verduras, sazónadores entre otras, para que el producto terminado tenga el mejor sabor, textura, color, olor y demás cualidades que hacen que el producto sea agradable para el consumidor logrando la satisfacción del cliente y evitando que el alimento afecte la salud del mismo. Por medio de ellos se realizan evaluaciones y validaciones de productos

evitando que las variaciones que se presenten en algunos sean detectadas por el consumidor logrando mantener la calidad óptima del producto terminado.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Las variables de proceso involucradas fueron clasificadas en variables independientes, dependientes y de respuesta, la cuales fueron monitoreadas durante dicho proceso.

Tabla I. **Definición de variables independientes, dependientes y de respuesta**

Variable	Independiente	Dependiente	Respuesta
Tiempo	X		
Temperatura	X		
No. De frituras	X		
Presión		X	
Fisicoquímicos			X
Sensoriales			X

Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

3.2. Delimitación del problema

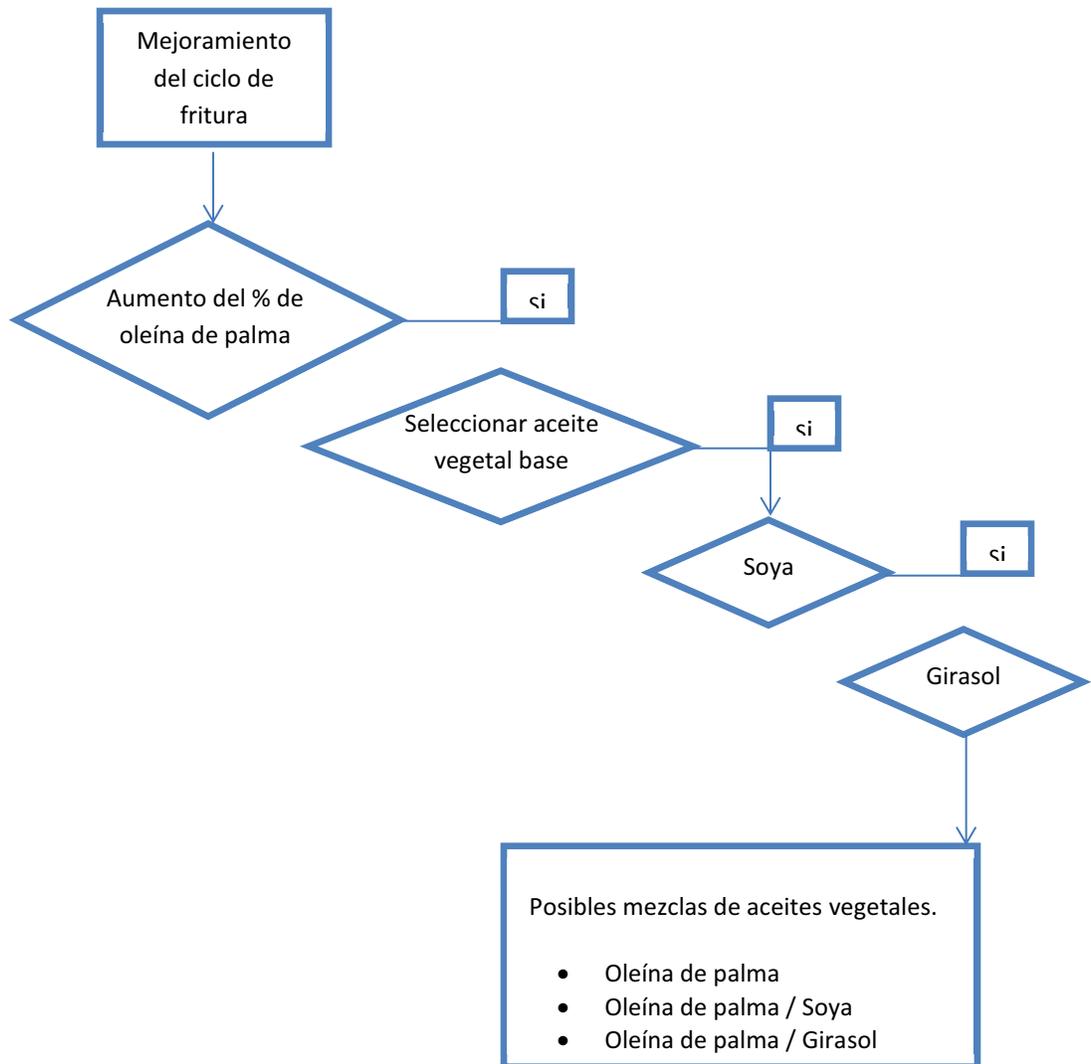
Cada una de las mezclas de aceites vegetales y aceite puro fueron evaluadas como fluido térmico en la fritura de piezas de pollo, procedimiento que se realizó en freidoras industriales del tipo HP 500 con características específicas que son idóneas para la elaboración de comida rápida. Es indispensable la utilización de aceites vegetales del tipo de girasol, oleína de

palma y soya como ingredientes de las mezclas o aceite puro. En las evaluaciones evidenció la estabilidad de cada una de las mezclas de aceites vegetales durante los ciclos de producción de pollo frito en la freidora.

Se tomó en cuenta que las variables de operación de la freidora (presión, temperatura y cantidad de aceite en la freidora) permanecieron constantes durante la evaluación debido a normas establecidas por la empresa. Las mezclas de aceites y aceite puro deben de presentar estabilidad ante las variables de operación de la freidora.

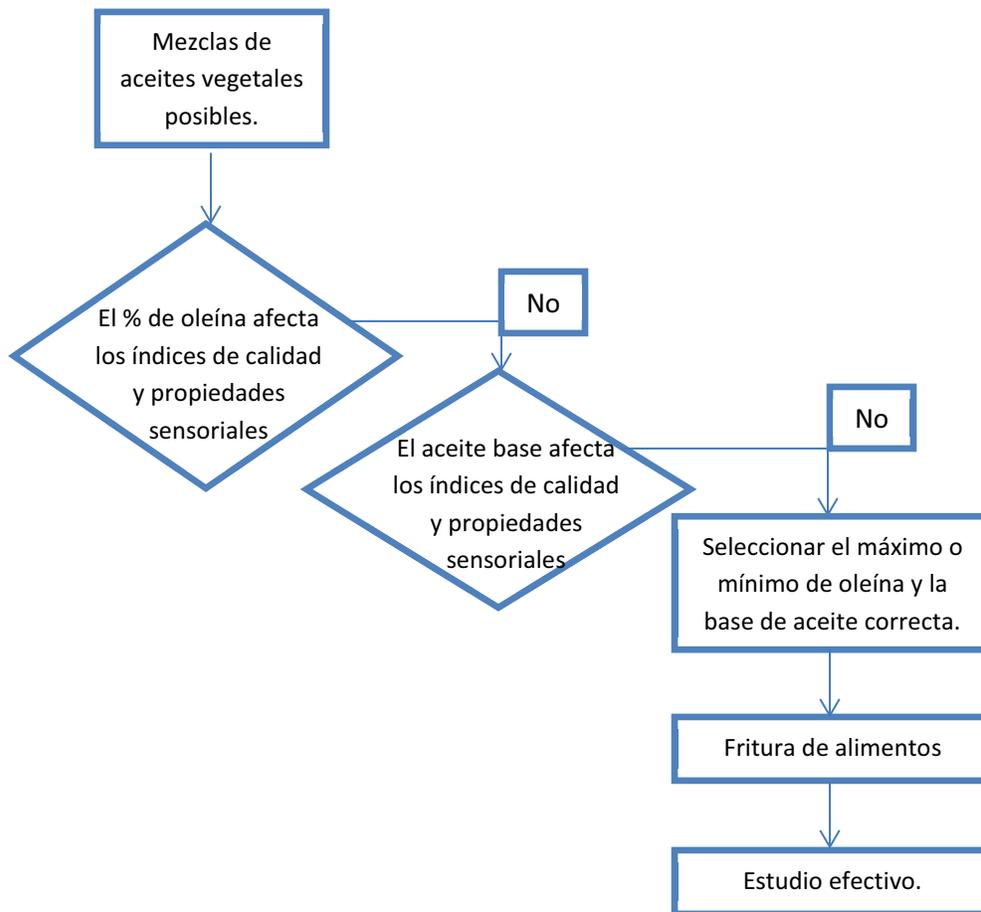
Las propiedades sensoriales son parámetros establecidos por la empresa y son características que identifican al producto por lo tanto las mezclas de aceites deben lograr mantener dichas propiedades dentro de los parámetros aceptables. Bajo estas condiciones específicas (sensoriales y de operación de freidora) se evaluaron las mezclas de aceites vegetales y aceite puro (índices de calidad y propiedades sensoriales). Se realizaron monitoreos de los parámetros establecidos y se procedió a realizar el estudio para lograr obtener una mejor estabilidad y vida útil durante el ciclo de producción de pollo frito, mediante el control de los índices de calidad y propiedades sensoriales de las mezclas de aceites y aceite puro.

Figura 12. **Procedimiento a seguir en la selección de cada mezcla de aceites vegetales**



Fuente: Planta procesadora suministros de restaurante.

Figura 13. **Procedimiento a seguir en la evaluación de cada mezcla de aceites vegetales en la fritura de pollo**



Fuente: Planta procesadora suministros de restaurante.

3.3. Recursos humanos

- Investigador: Mario Luis Velásquez Albores
- Asesor: Ingeniero Químico Cesar Alfonso García Guerra
- Coasesor: Ingeniera Química Adela Marroquín
- Coasesor: Ingeniero Químico Axel Pimentel

3.4. Recursos físicos

Laboratorio experimental de la Planta de Alimentos y Suministros de Restaurantes.

3.5. Materia prima

- Piezas de pollo
- Mezclas de aceites vegetales
 - Oleína de palma – girasol (70% - 30%)
 - Oleína de palma – soya (75% - 25%)
 - Oleína de palma – girasol (80% - 20%)
 - Oleína de palma (100%)

3.5.1. Accesorios y equipos

- Cepillo limpiador
- Espátula limpiadora
- Pinzas
- Bandejas
- Parrilla
- Cámara fotográfica Marca Sony 14 mega píxeles

- Cronómetro

3.5.2. Equipos

Freidora industrial HP 500 con dos canastas para fritura. Rango de temperatura de 157° a 163° Celsius, capacidad para 7 galones de aceite y 160 piezas de pollo. 120 voltios y 60 hertz.

Figura 14. **Freidora industrial HP 500**



Fuente: Suministros de Restaurantes.

(Testo) sonda de inserción para aceite de fritura, digital, con rango de detección de compuestos polares de 0% a 40% y rango de temperatura de 40° a 200° Celsius, baterías AA.

Figura 15. **Medidor de compuestos polares**



Fuente: Suministros de Restaurantes.

Manómetro, analógico de fábrica (HP 500), rango de detección máxima 15 libras sobre pulgada cuadrada.

Figura 16. **Manómetro**



Fuente: Suministros de Restaurantes.

Termómetro con sonda, ATKINS, tipo termocopla, digital rango de temperatura de -40° a 260° Celsius, cambia de Celsius a Fahrenheit, batería AA.

Figura 17. **Termómetro digital**



Fuente: Suministros de Restaurantes.

Mostrado HENNY PENNY, mostrador de dos niveles con calentador diseñado para la exhibición de alimentos. 120 voltios, 60 hertz y 12,2 amperios.

Figura 18. **Mostrador**



Fuente: Manual de uso, Mostrador HENNY PENNY.

3.6. Técnicas cuantitativas o cualitativas

Se llevaron a cabo técnicas cuantitativas para la obtención de las curvas de temperatura por lo que se tomaron datos del proceso de:

- Control de temperatura y medición de respuesta de la freidora (termo copla).
- Control de tiempos de fritura (cronómetro).
- Control del número de frituras.
- Control de la presión (manómetro).

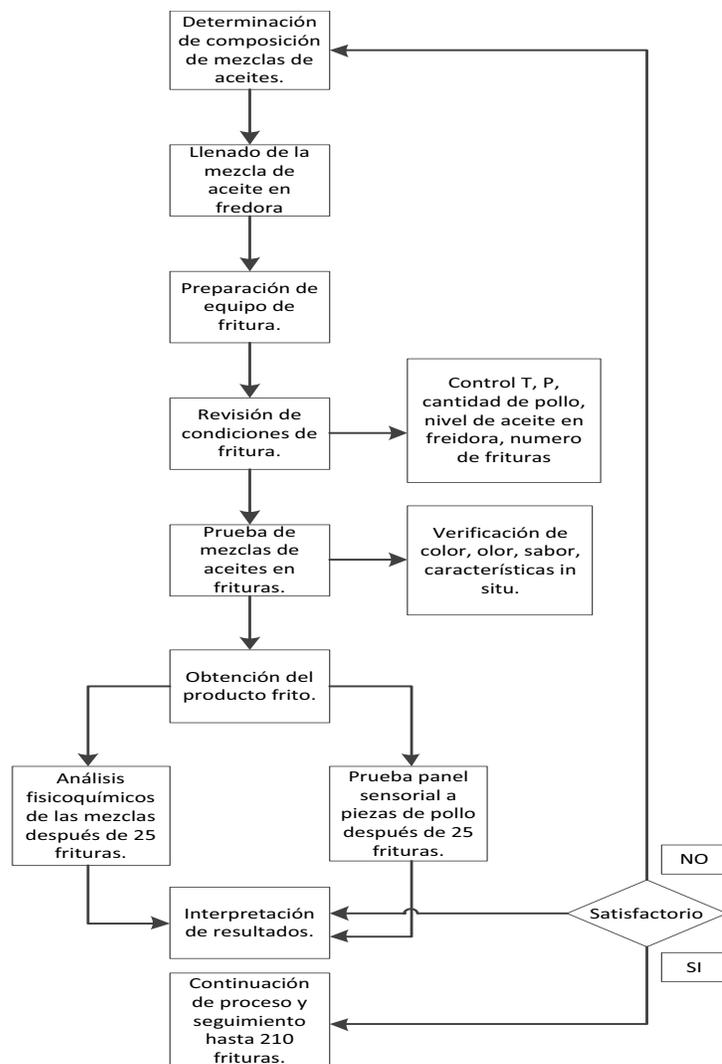
Se llevaron a cabo técnicas cuantitativas para el análisis de los índices de calidad de los fluidos térmicos y cualitativas para el análisis de las propiedades sensoriales del producto frito, mencionando las siguientes

- Evaluaciones por medio de paneles sensoriales.
- Evaluaciones físicas del aceite como color, olor, sabor y viscosidad.

3.7. Recolección y ordenamiento de la información

Para el proceso de recolección de información se procedió a realizar un diagrama de flujo en el cual se refleja en qué puntos es necesario la toma de datos y monitoreo de las variables de proceso.

Figura 19. Diagrama de flujo para la selección del fluido térmico



Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Para la correcta interpretación de resultados obtenidos del proceso de fritura fue necesario llevar una secuencia lógica y ordenada en la tabulación de la información, la cual facilitó el procesamiento de la misma.

3.8.1. Obtención de la curva de temperatura

La curva de temperatura se realizó para cada mezcla de aceites y aceite puro, este procedimiento tuvo lugar en la fritura número 10. Para ello se necesitó un termómetro con sonda y un cronometro, se tomaron lectura durante los 11 minutos que la fritura, por medio de un software se realizaron las curvas de temperatura.

3.8.2. Obtención de los índices de calidad y resultados sensoriales

Para el análisis de los índices de calidad de cada mezcla de aceites vegetales se tomaron muestras de cada mezcla de aceites y aceite puro a cada 25 frituras las cuales fueron analizadas en el laboratorio fisicoquímico del proveedor. Los resultados sensoriales del producto frito se analizaron en el laboratorio experimental de la planta de alimentos por parte del panel sensorial de igual forma se realizaron a cada 25 frituras.

3.8.3. Procedimiento de análisis de laboratorio

El proveedor de los fluidos térmicos analizó los índices de calidad en sus instalaciones, ya que ellos cuentan con la cristalería y los equipos necesarios para obtener resultados confiables.

3.8.3.1. Índice de yodo

El índice de yodo fue obtenido según Norma Coguanor NGO 34 072 h2.

- En una navecilla de vidrio se pesa una cantidad de muestra tal que permita la existencia, después de la absorción, de un exceso de 50% a 60% del reactivo de Wijs agregado, es decir, 100% a 150% de la cantidad absorbida.
- Se coloca cuidadosamente la navecilla con la muestra en un erlenmeyer de 500 centímetros cúbicos y se agregan 20 centímetros cúbicos de tetracloruro de carbono.
- Se miden con pipeta 25 centímetros cúbicos del reactivo de Wijs, se agregan al matraz que contiene la muestra, se agita con movimiento rotatorio para asegurar que se mezcle bien y se tapa el matraz.
- Se preparan dos pruebas en blanco y se hace las determinaciones simultáneamente con la muestra.
- Se guardan los matraces en la oscuridad durante 30 minutos a una temperatura de 25 +/- 5° Celsius si el índice de yodo de la muestra es mayor de 150, se guarda a esa temperatura durante 1 hora.
- Luego se agregan 20 centímetros cúbicos de la solución de yoduro de potasio y 100 centímetros cúbicos de agua destilada.
- Se titula con la solución de 0,1 normal de tiosulfato de sodio, añadiéndola gradualmente y con agitación constante y vigorosa, hasta que el color amarillo casi haya desaparecido.
- Se agregan entonces 1 a 2 centímetros cúbicos de la solución de almidón se continua la titulación hasta desaparición del color azul.

3.8.3.2. Índice de peróxidos (Norma Coguanor NGO 34 072 h21)

El índice de peróxidos fue obtenido según Norma Coguanor NGO 34 072 h21.

- En un erlenmeyer de 250 centímetros cúbicos se pesan $5,00 \pm 0,05$ gramos de la muestra y se agregan 30 centímetros cúbicos de la solución de ácido acético y cloroformo.
- Se le da al matraz un movimiento de rotación para que la muestra se disuelva y se agregan 0,5 centímetros cúbicos de la solución saturada de yoduro de potasio, empleando la pipeta.
- Se deja la solución en reposo durante 1 minuto exactamente, agitando ocasionalmente, y luego se agregan 30 centímetros cúbicos de agua destilada.
- Se titula con la solución 0,1 normal de tiosulfato de sodio, agregándola con agitación vigorosa y constante, hasta que la coloración amarilla casi haya desaparecido.
- Se agregan entonces 0,5 centímetros cúbicos de la solución de almidón y se continúa la titulación, agitando el matraz vigorosamente cuando se acerque el punto final, para liberar todo el yodo de la capa de cloroformo. El tiosulfato se agrega gota a gota hasta que el color azul haya desaparecido. Si en la titulación se emplean menos de 0,5 centímetros cúbicos de la solución de tiosulfato, se repite la determinación usando la solución 0,01 normal.

3.8.3.3. Grado de acidez (Método AOCS Ca5a – 40)

El grado de acidez fue obtenido según método AOCS Ca 5a – 40.

- Disolver la muestra en 50 a 150 mililitros de la mezcla de éter dietílico y etanol, previamente neutralizada.
- Valorar, agitando, con la disolución de hidróxido de potasio de 0,1 molar (si la disolución se enturbia durante la valoración, añadir una cantidad suficiente de la mezcla de disolvente para que la disolución de aclare) hasta el viraje del indicador (la coloración rosa de la fenolftaleína debe permanecer al menos durante 10 segundos).

3.8.3.4. Olor y sabor (*In situ*)

El olor y sabor fueron obtenidos por métodos sensoriales, la calificación fue obtenida por medio de los 10 panelistas expertos en la fritura de pollo de la empresa.

3.8.3.5. Porcentaje de compuestos polares

Los compuestos polares se determinaron por medio de un equipo de medición, TESTO, el cual se introduce en el aceite y por medio de una pantalla digital se observa el porcentaje de compuestos polares. El aceite debe de estar a temperatura de operación y el equipo debe de introducirse en un tiempo no menor de un minuto.

3.8.3.6. Evaluación del producto frito por parte del panel sensorial

Las piezas de pollo fritas resultantes de los ciclos de producción de fritura con cada una de las mezcla de aceites vegetales y aceite puro fueron evaluadas a cada 25 frituras por parte de un panel sensorial formado por 10 panelistas expertos en alimentos. Se utilizó como herramienta de calificación un cuadro hedónico establecido por la empresa, por medio del cual se obtuvieron las calificaciones, los resultados fueron tabulados y analizados.

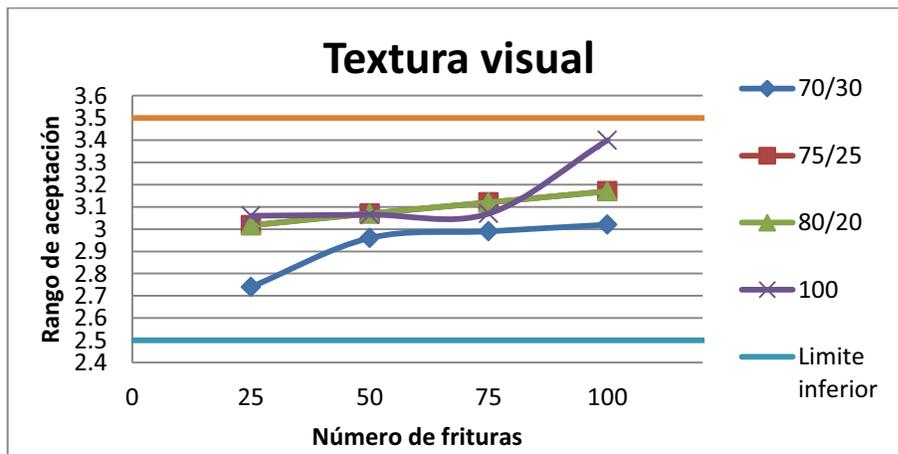
3.8.4. Diseño experimental

Se realizó un análisis de varianza, método estadístico que facilita el evidenciar la existencia de diferencias significativas entre diferentes medias a estudiar, posteriormente se utilizó la prueba de tukey ya que es importante ubicar donde se encuentran dichas diferencias significativas y determinar si éstas siguen una tendencia que permita una toma de decisión mejor.

3.9. Análisis estadístico

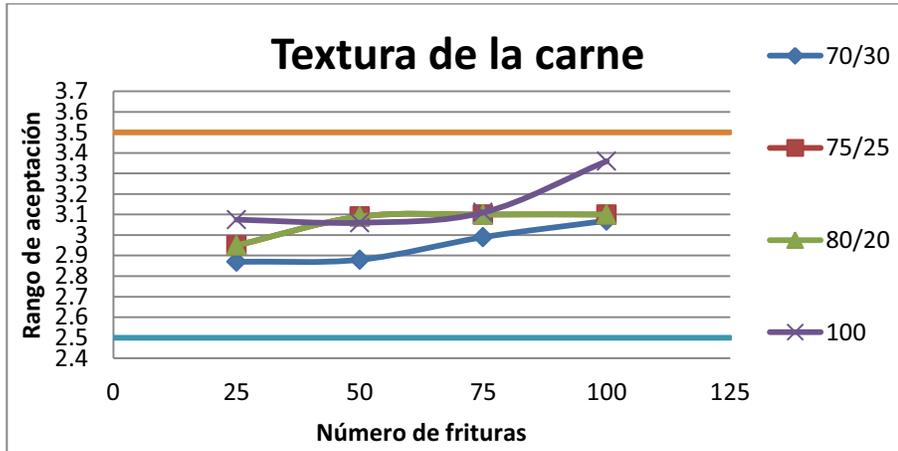
Para el análisis estadístico se realizaron gráficas lineales las cuales permiten tener una mejor visualización del comportamiento característico de cada fluido térmico.

Figura 20. Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la textura visual a 100 frituras



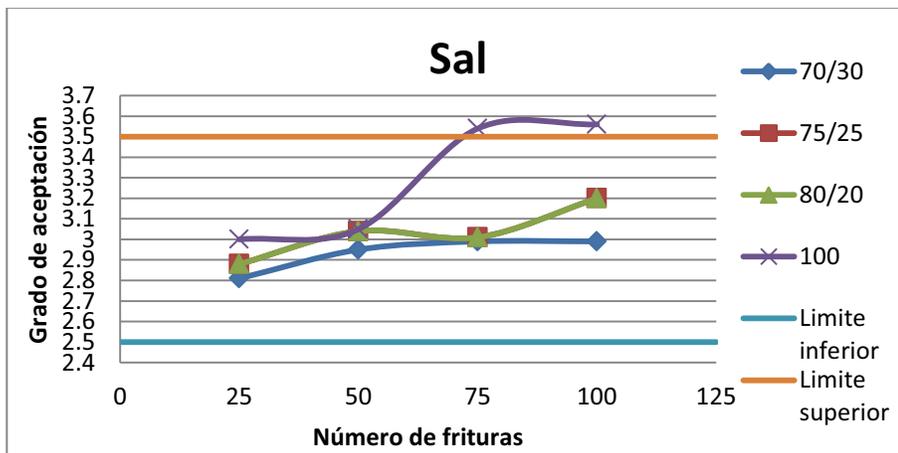
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 21. Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la textura de la carne a 100 frituras



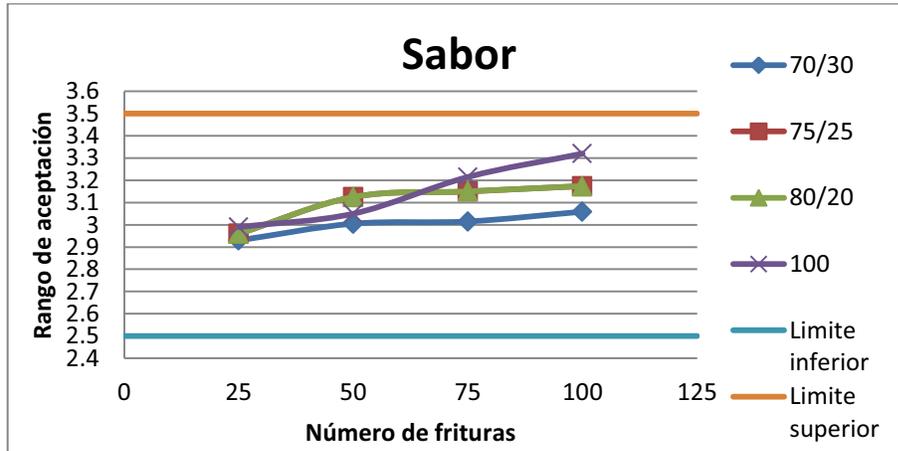
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 22. Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la sal a 100 frituras



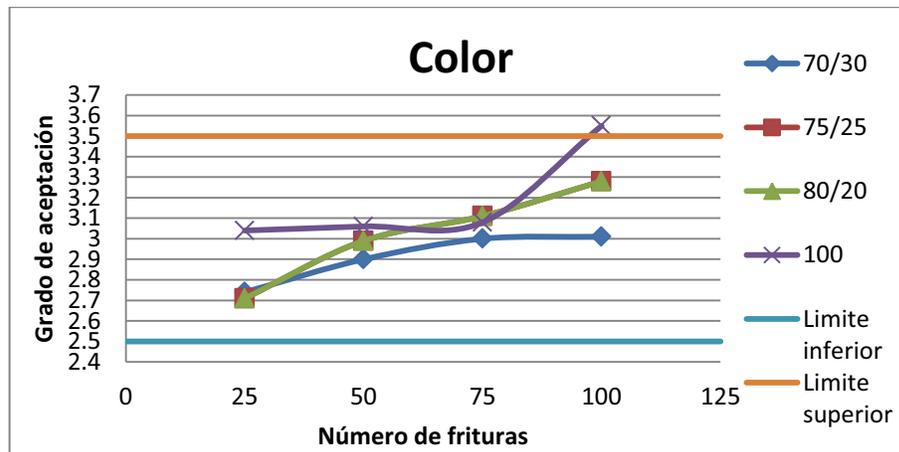
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 23. Prueba de tukey para la propiedad sensorial del sabor a 100 frituras



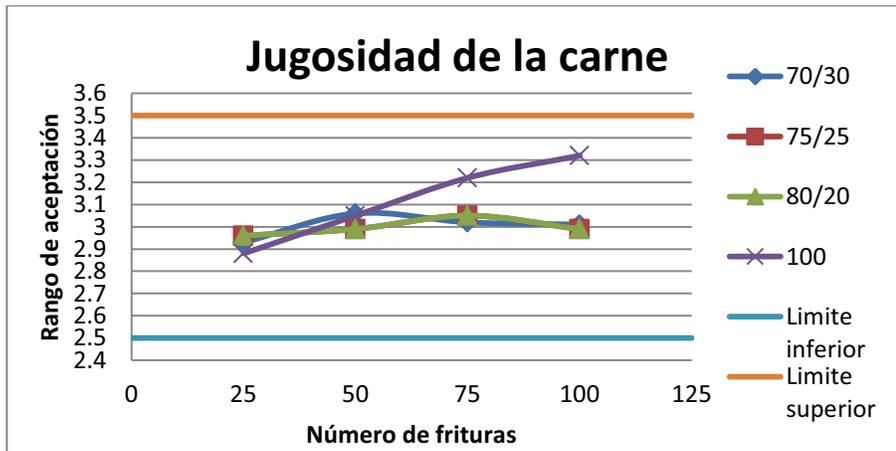
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 24. Prueba de tukey para la propiedad sensorial del color a 100 frituras



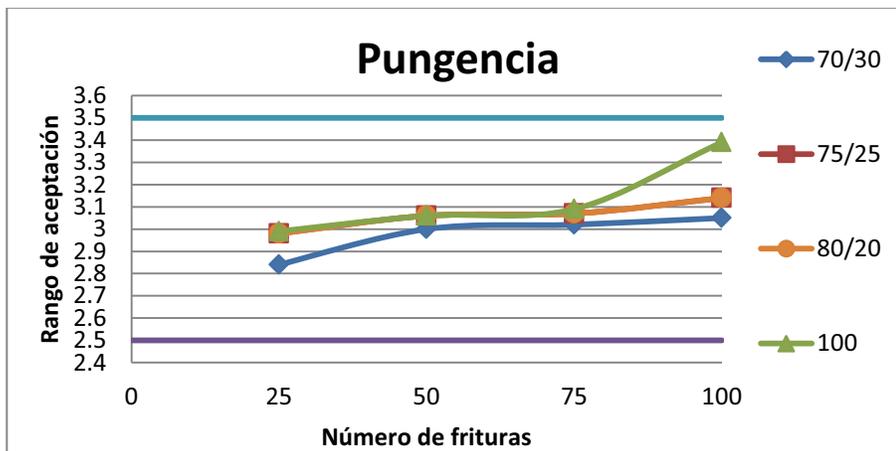
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 25. Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la jugosidad de la carne a 100 frituras



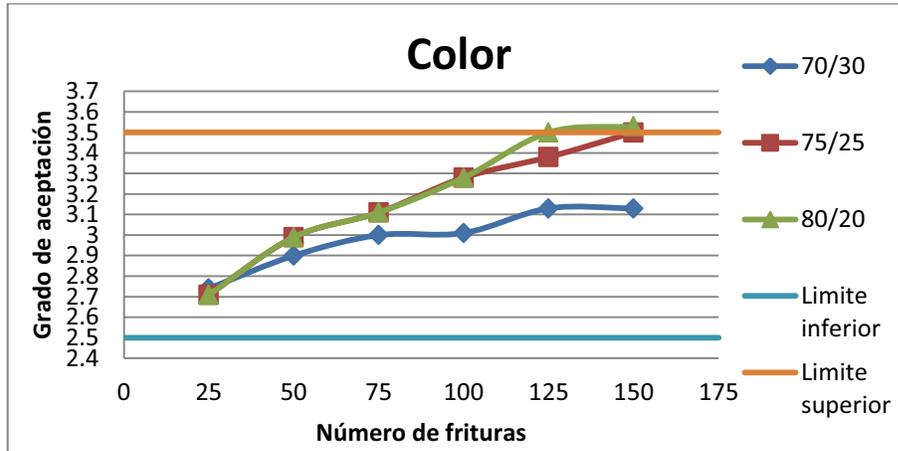
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 26. Prueba de tukey para la propiedad de la pungencia a 100 frituras.



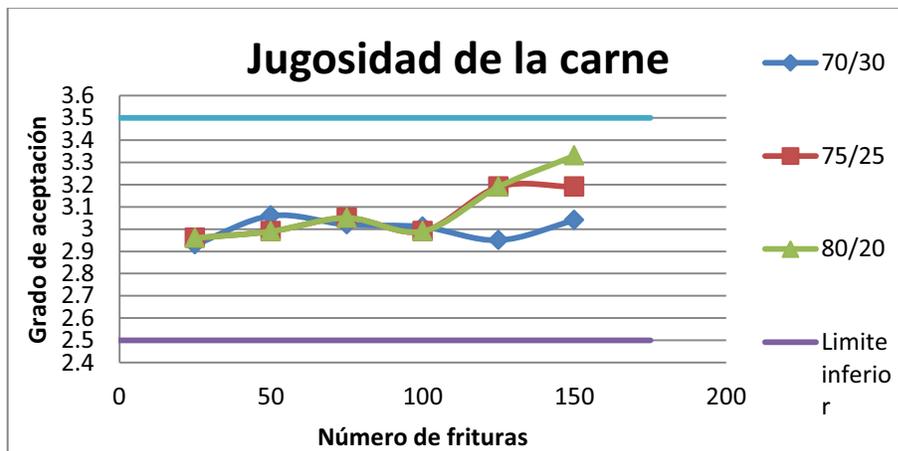
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 27. Prueba de tukey para la propiedad sensorial del color a 150 frituras



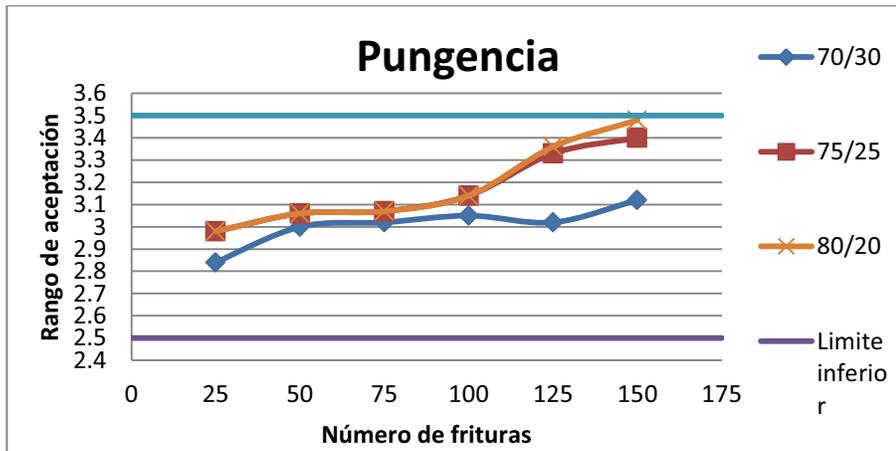
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 28. Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la jugosidad de la carne a 150 frituras



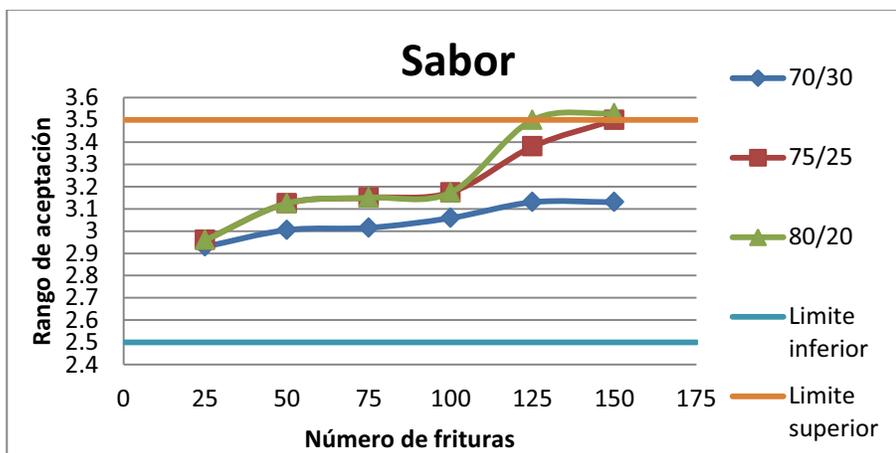
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 29. Prueba de tukey para la propiedad sensorial de la pungencia a 150 frituras



Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

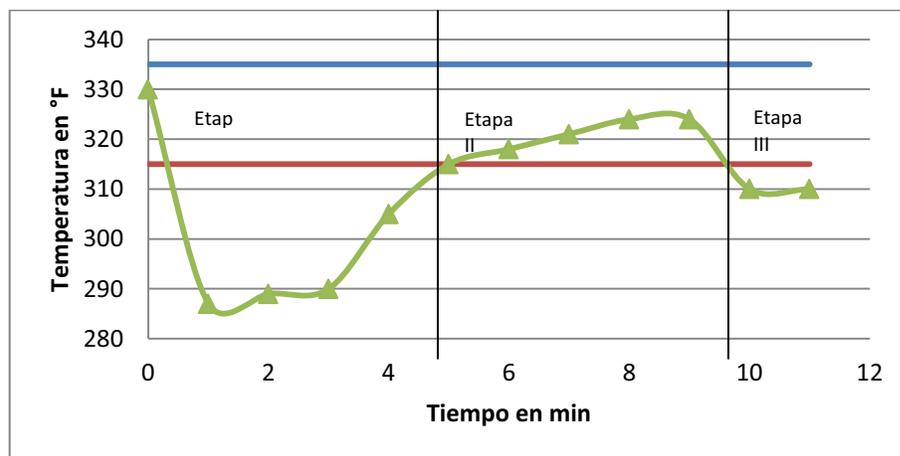
Figura 30. Prueba de tukey para la propiedad sensorial del sabor a 150 frituras



Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

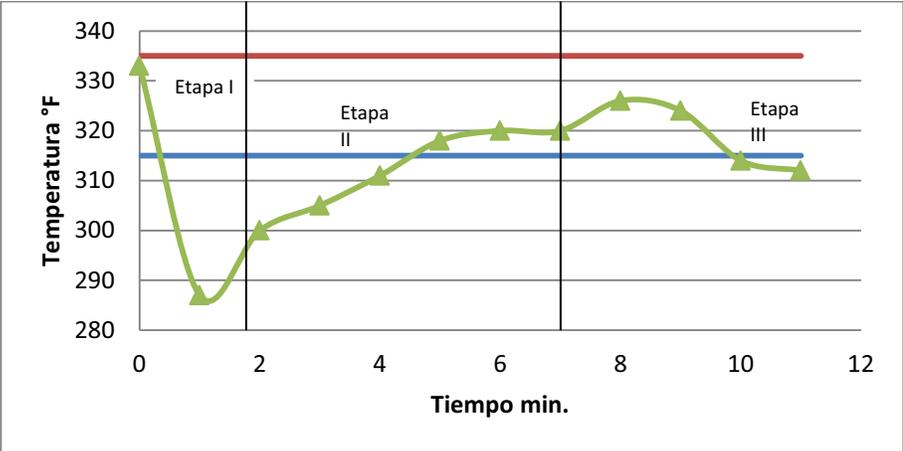
4. RESULTADOS

Figura 31. **Monitoreo de temperatura de la mezcla de aceites vegetales oleína de palma-aceite de girasol (70/30) a 10 frituras a presión constante de 12 PSI**



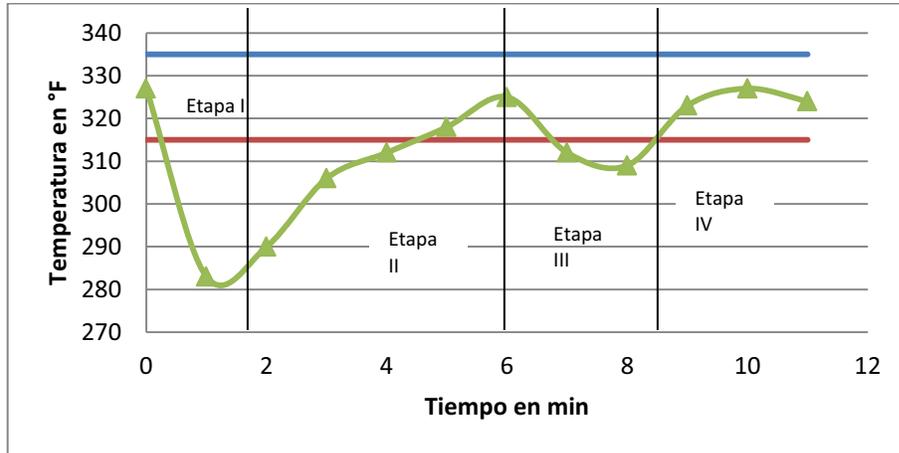
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 32. **Monitoreo de temperatura de la mezcla de aceites vegetales oleína de palma-aceite de soya (75/25) a 10 frituras a presión constante de 12 PSI**



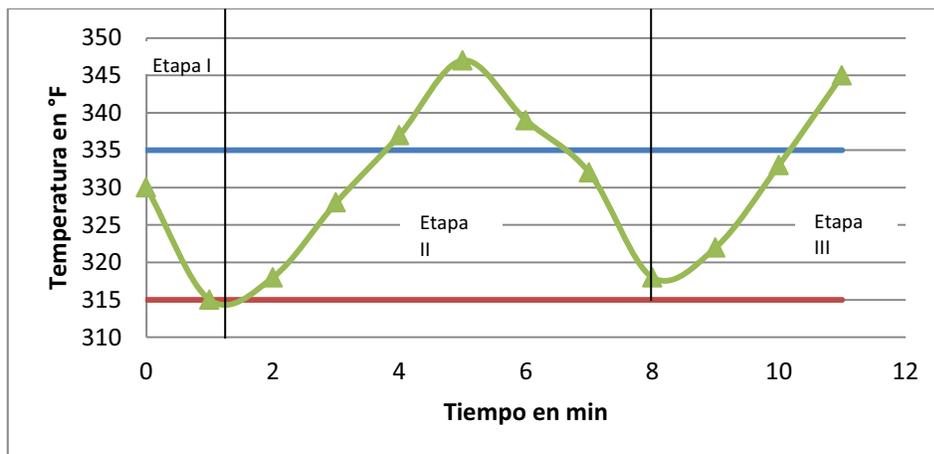
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 33. **Monitoreo de temperatura de la mezcla de aceites vegetales oleína de palma-aceite de soya (80/20) a 10 frituras a presión constante de 12 PSI**



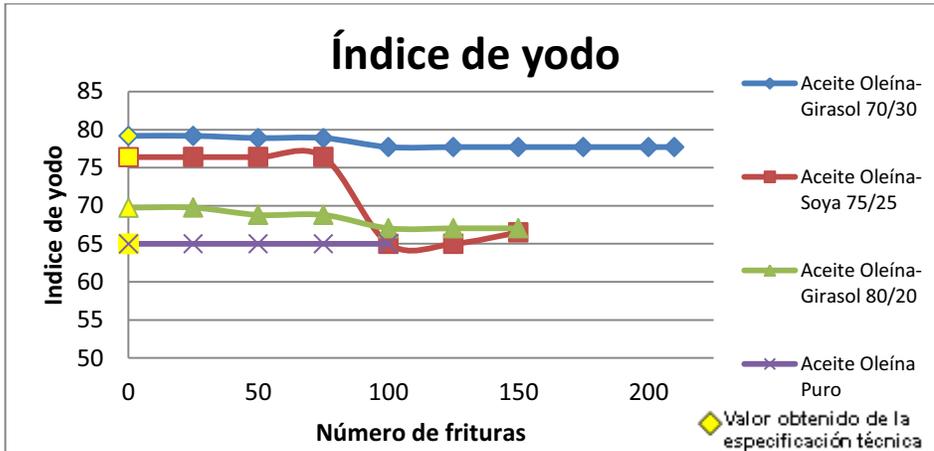
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 34. **Monitoreo de temperatura del aceite puro oleína de palma a 10 frituras a presión constante de 12 PSI**



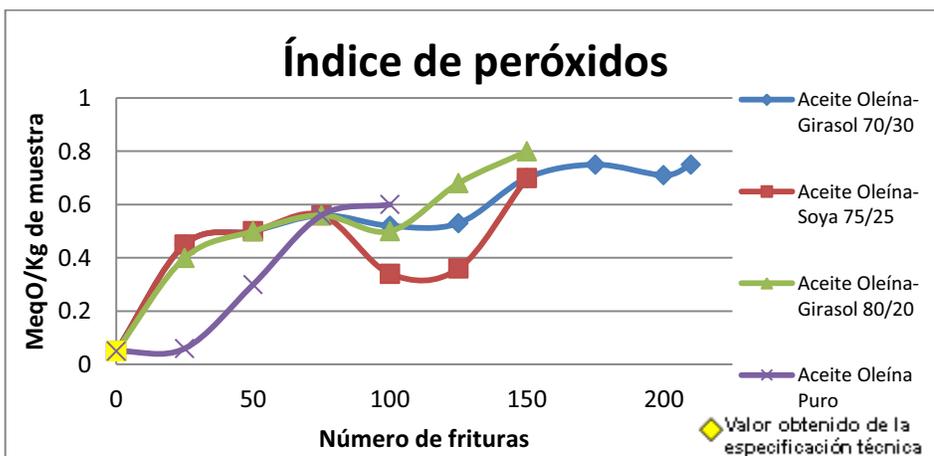
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 35. Comportamiento del índice de yodo en ciclos de producción de pollo frito, para las mezclas de aceites y oleína de palma pura



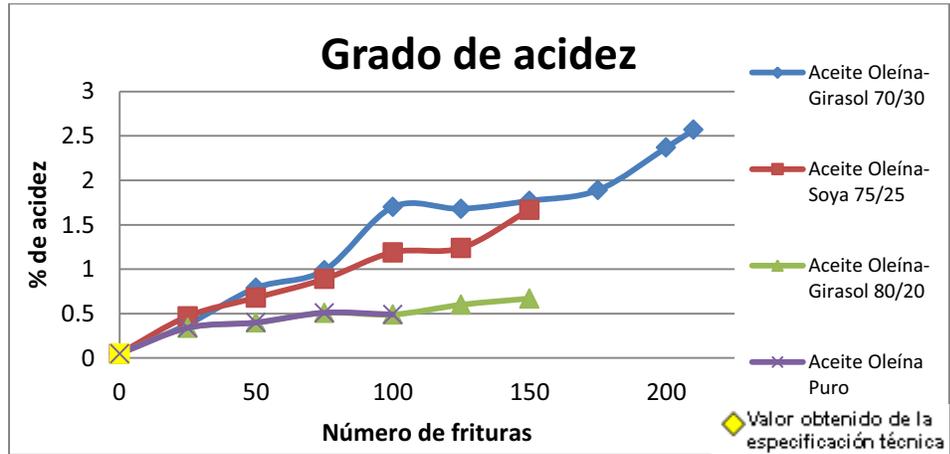
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 36. Comportamiento del índice de peróxidos en ciclos de producción de pollo frito, para las mezclas de aceites y oleína de palma pura



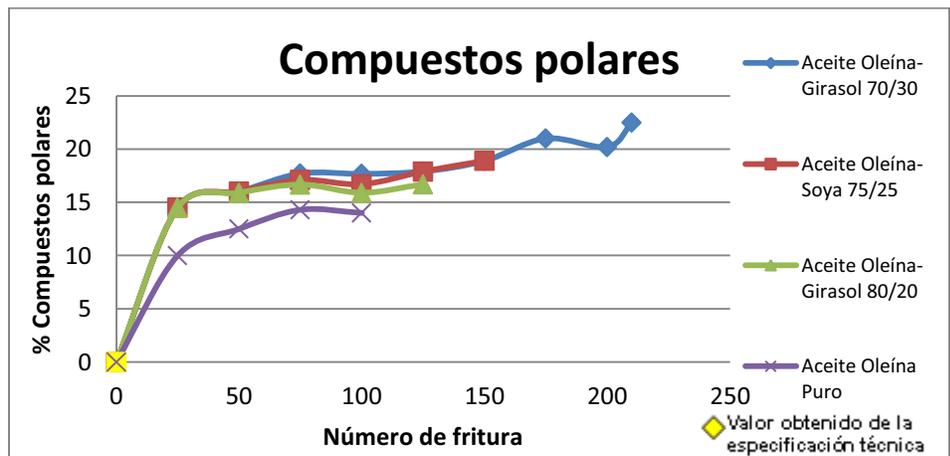
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 37. Comportamiento del grado de acidez en ciclos de producción de pollo frito, para las mezclas de aceites y oleína de palma pura



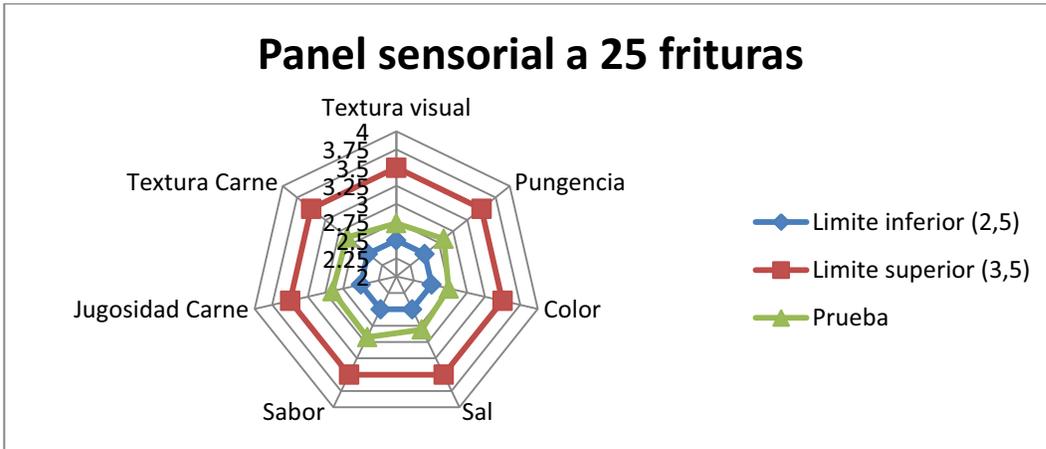
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 38. Comportamiento del grado de acidez en ciclos de producción de 210 frituras, para la mezcla de aceite oleína de palma-aceite de girasol (70/30)



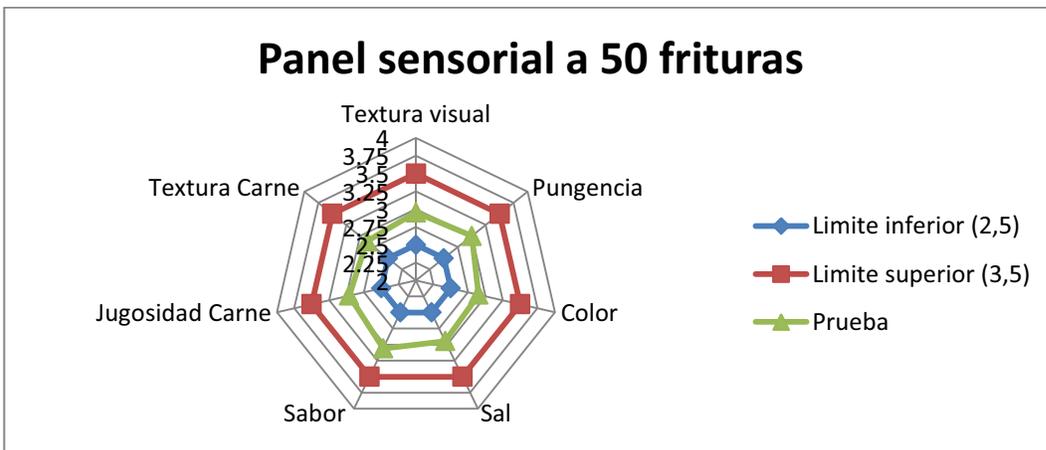
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 39. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**



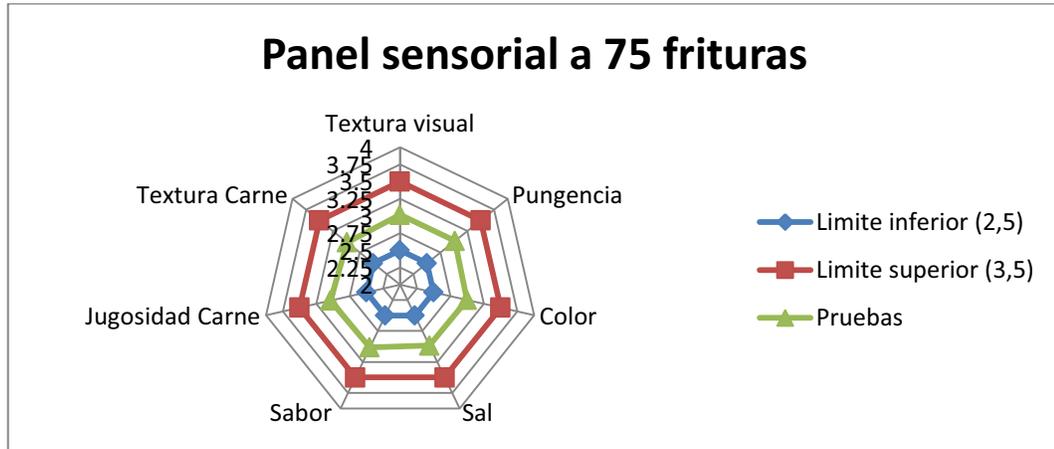
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 40. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30).**



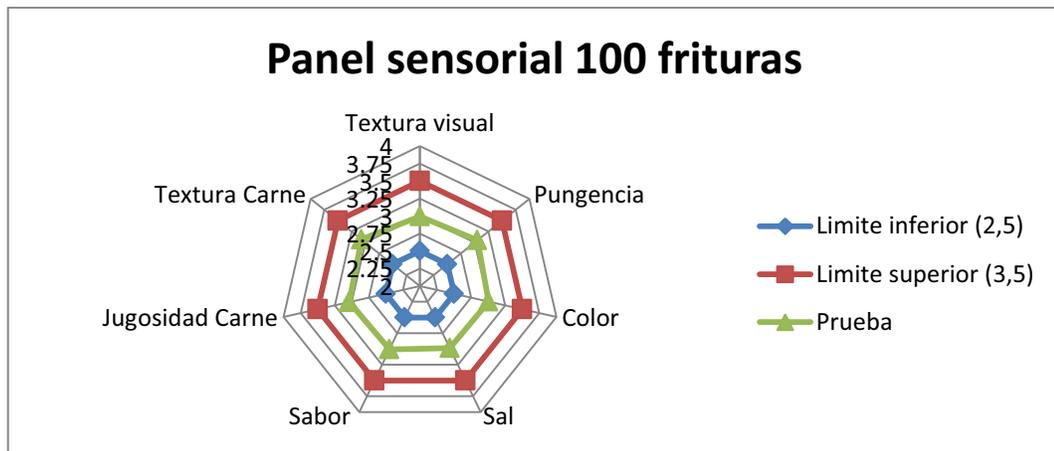
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 41. Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)



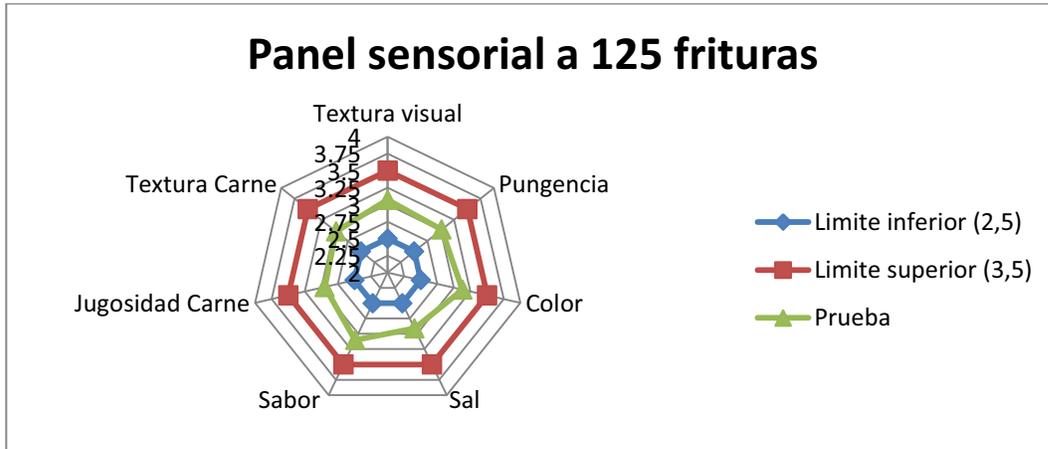
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 42. Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)



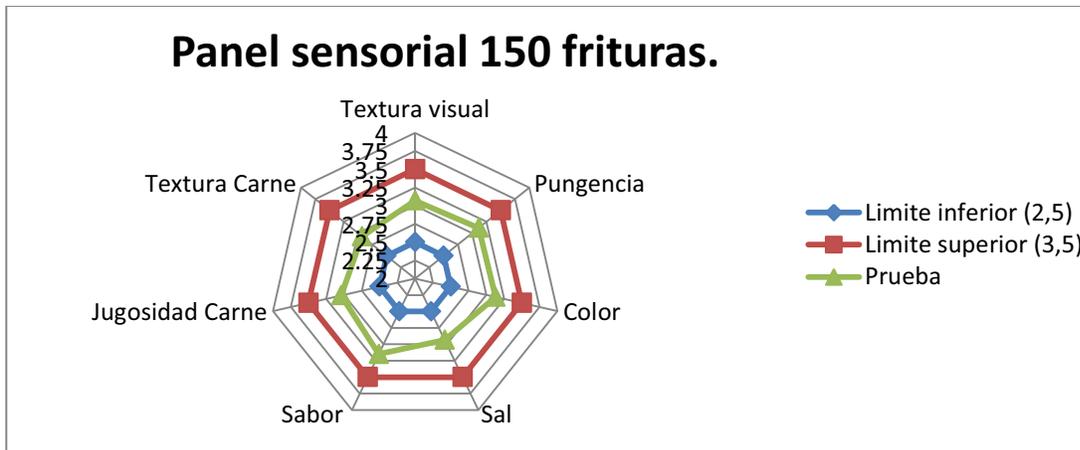
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 43. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 125 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**



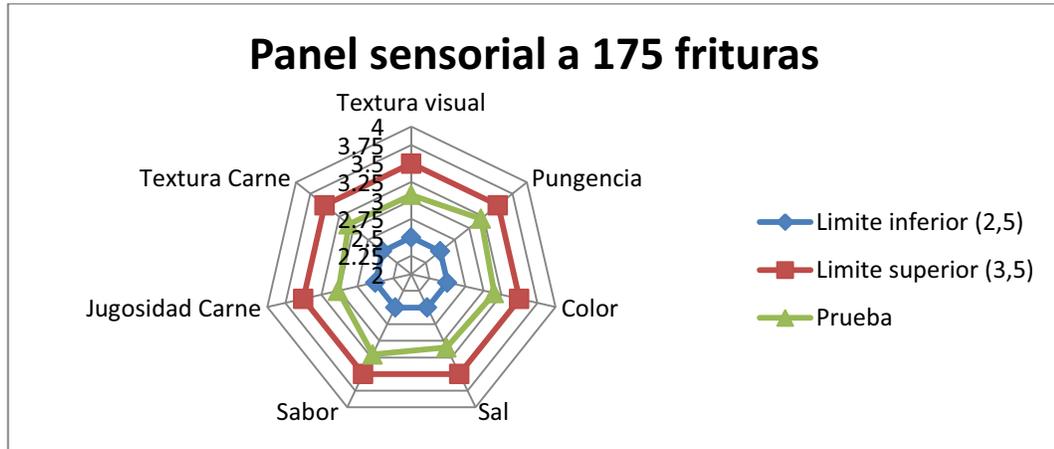
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 44. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 150 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**



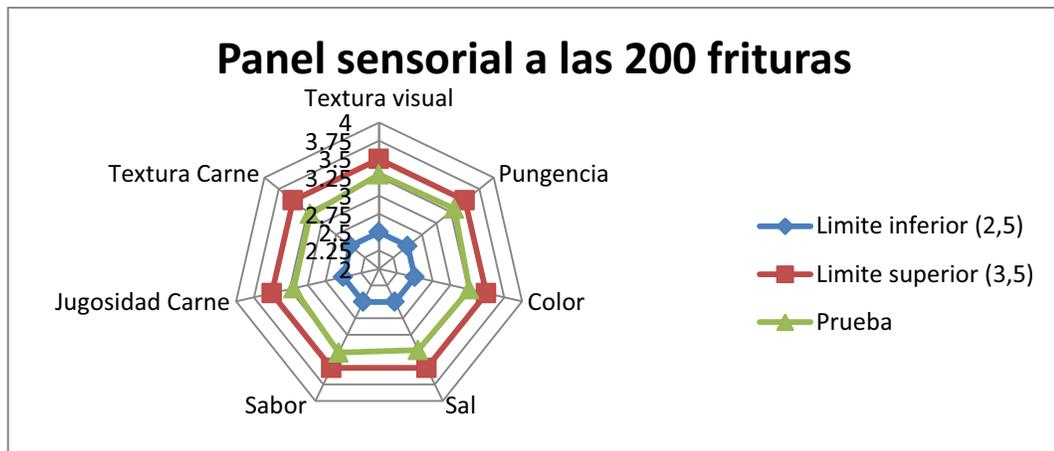
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 45. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 175 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**



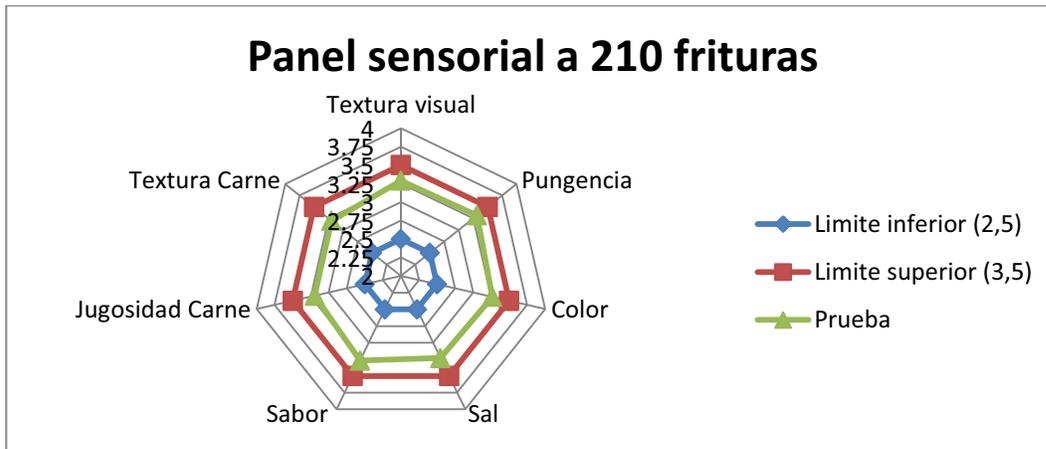
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 46. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 200 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**



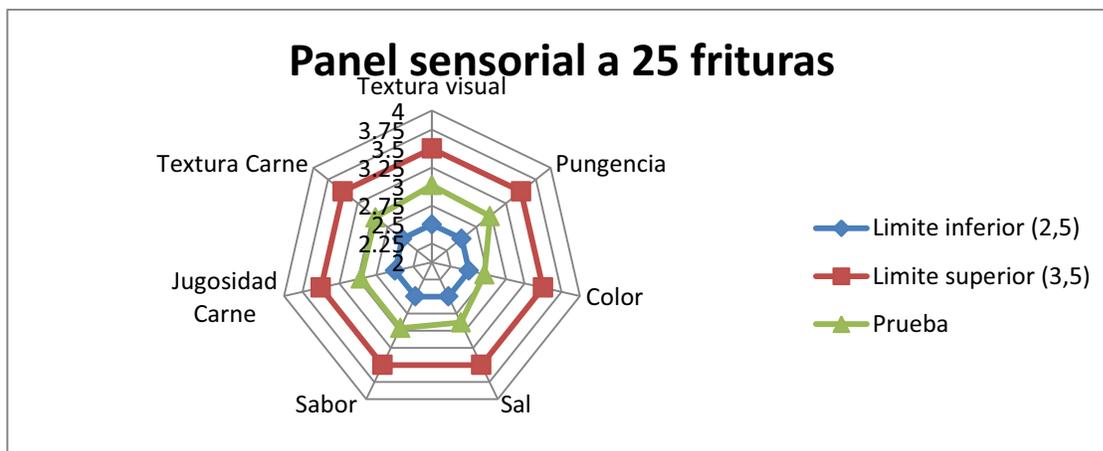
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 47. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 210 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**



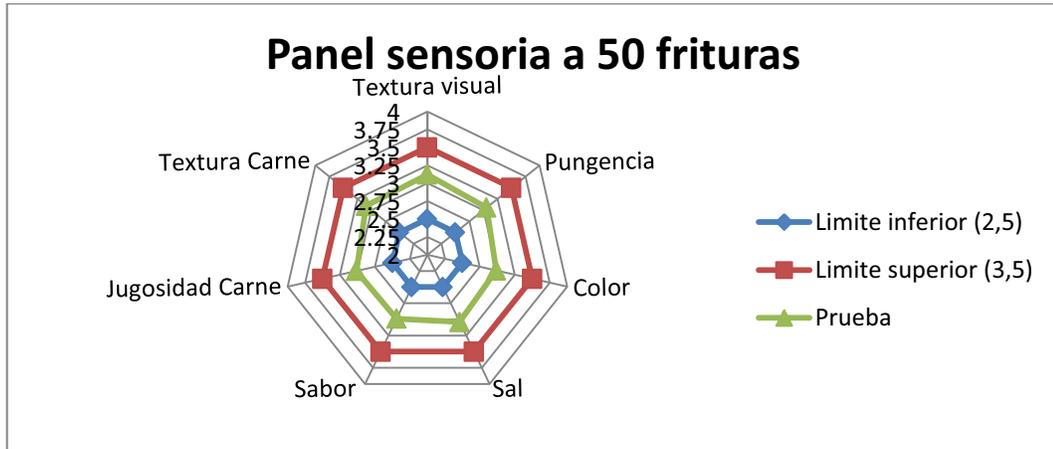
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 48. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25)**



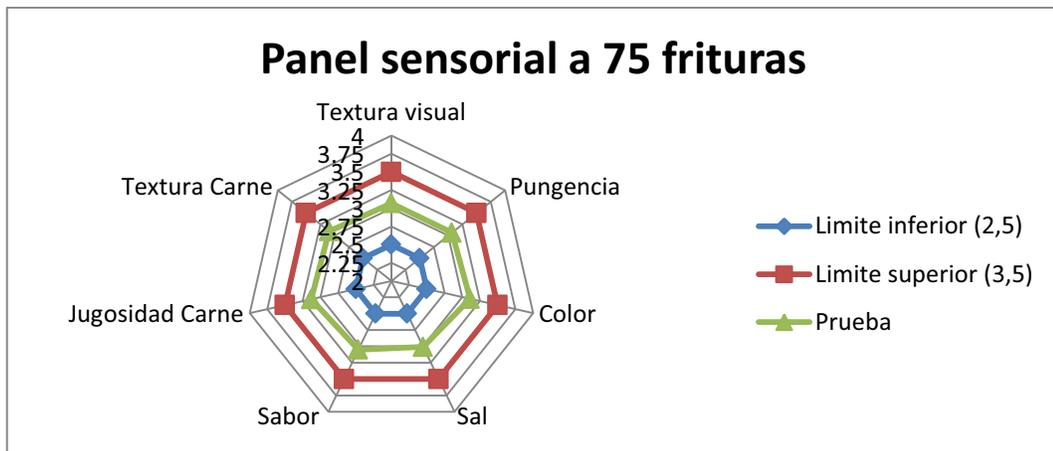
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 49. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25)**



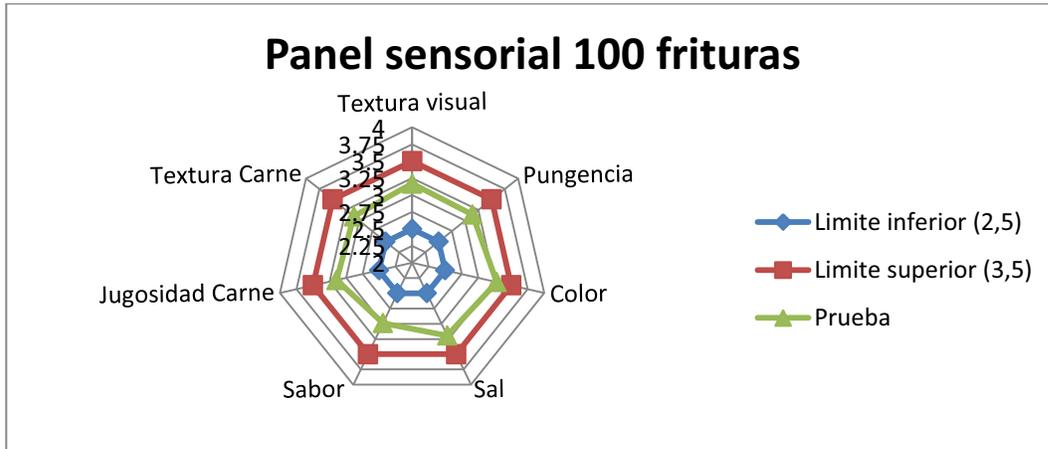
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 50. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25)**



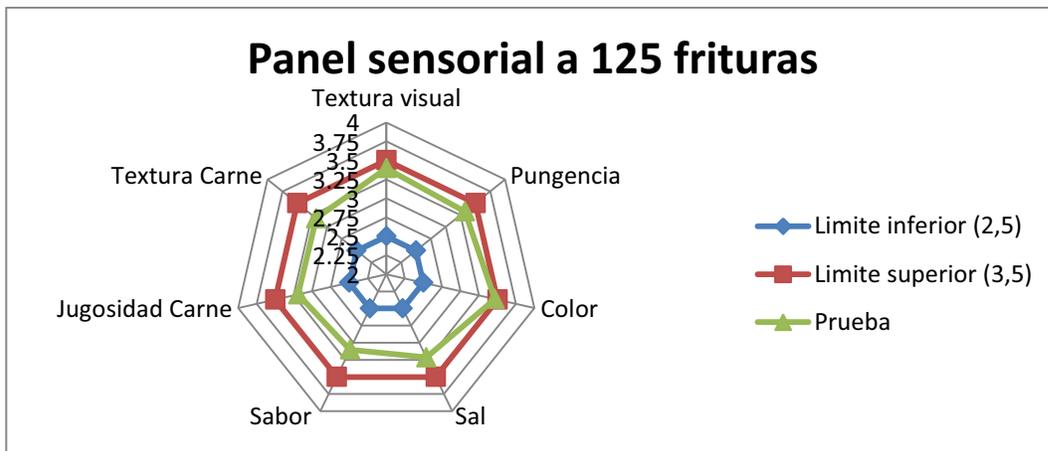
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 51. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25)**



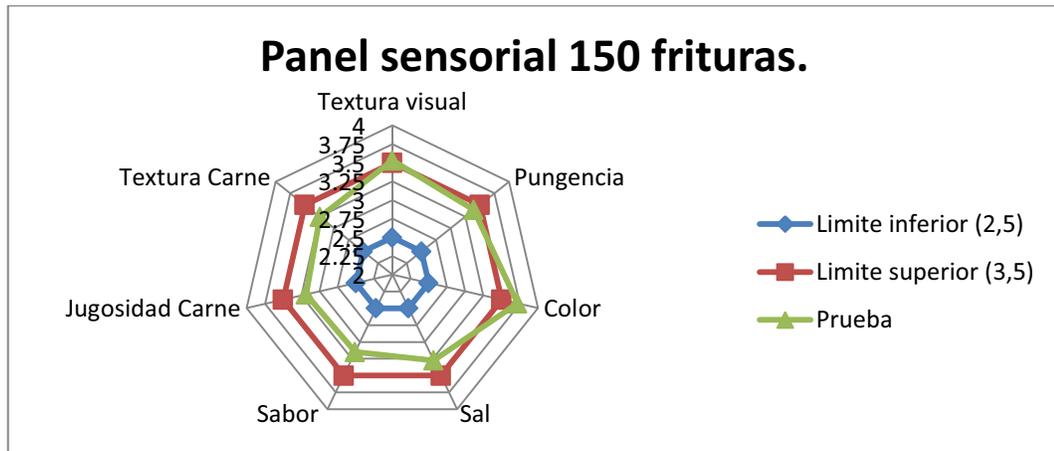
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 52. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 125 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soya (75/25)**



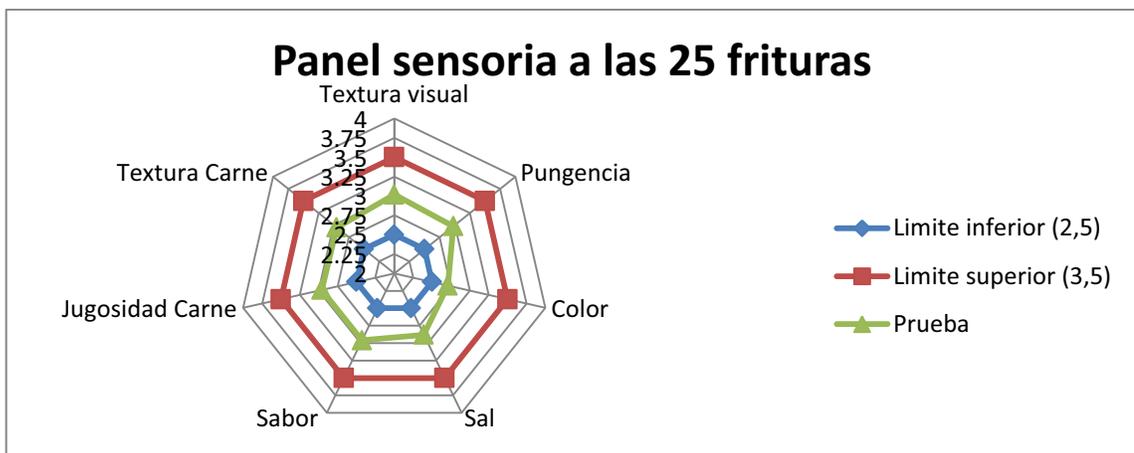
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 53. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 150 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de soja (75/25)**



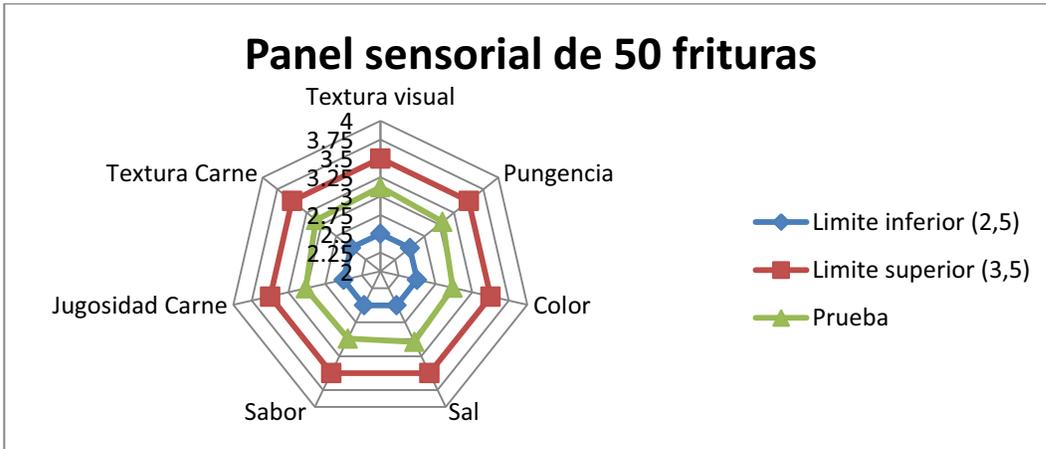
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 54. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**



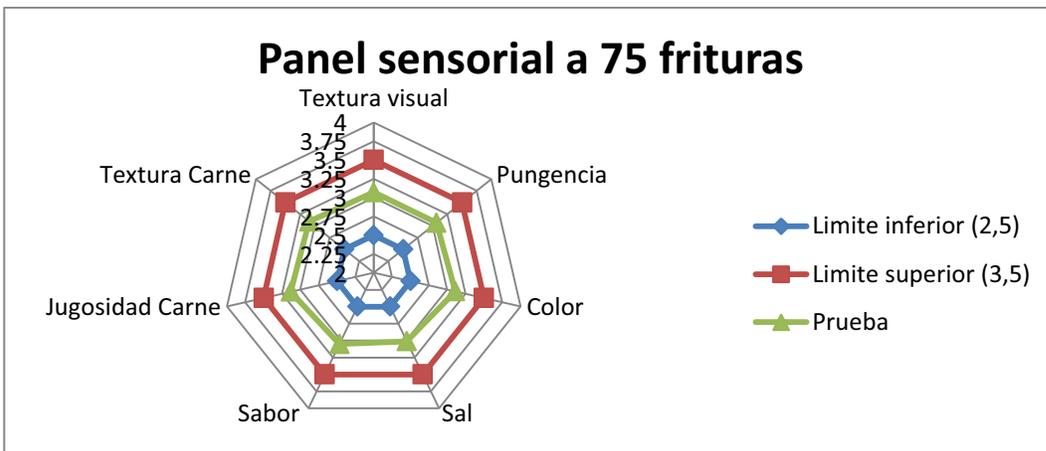
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 55. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**



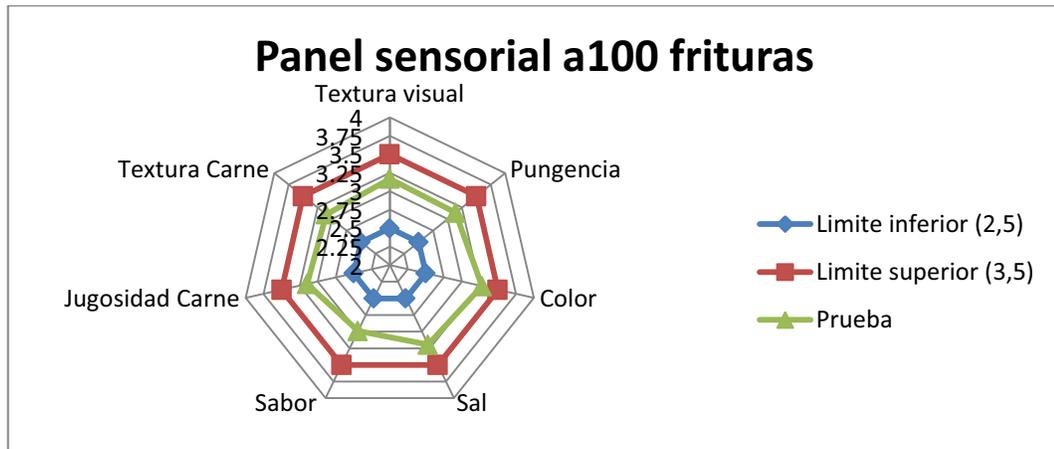
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 56. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**



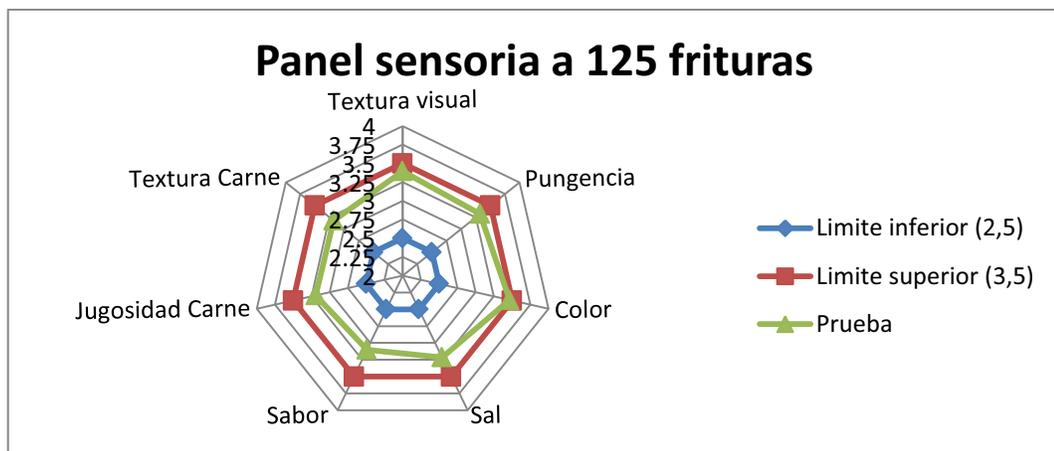
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 57. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**



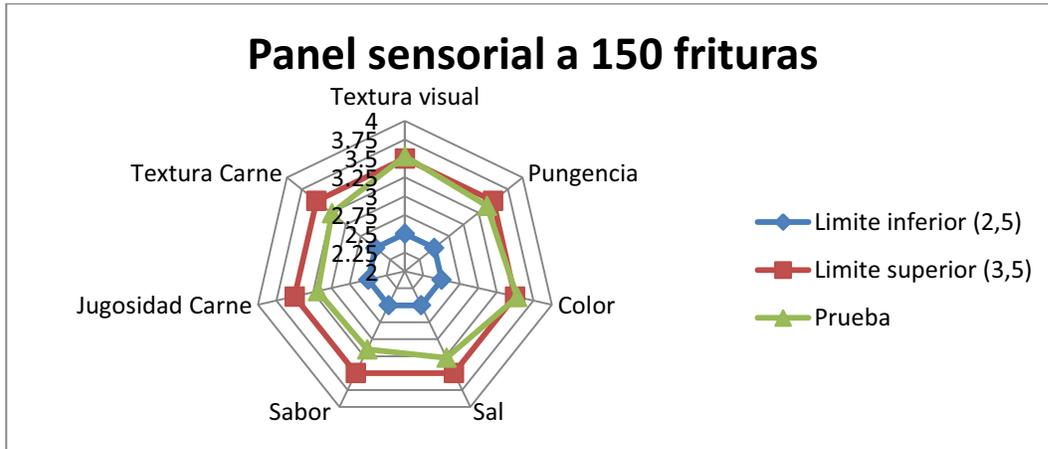
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 58. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 125 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**



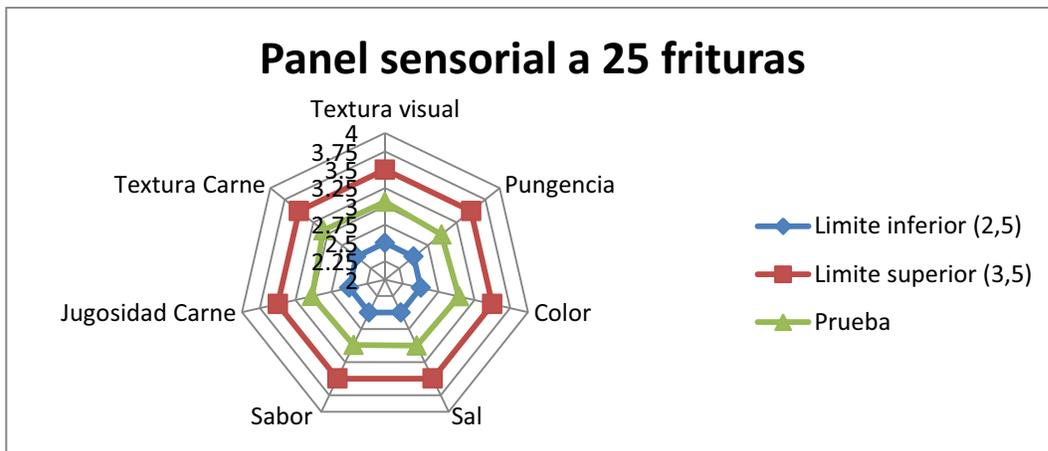
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 59. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 150 frituras utilizando la mezcla oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**



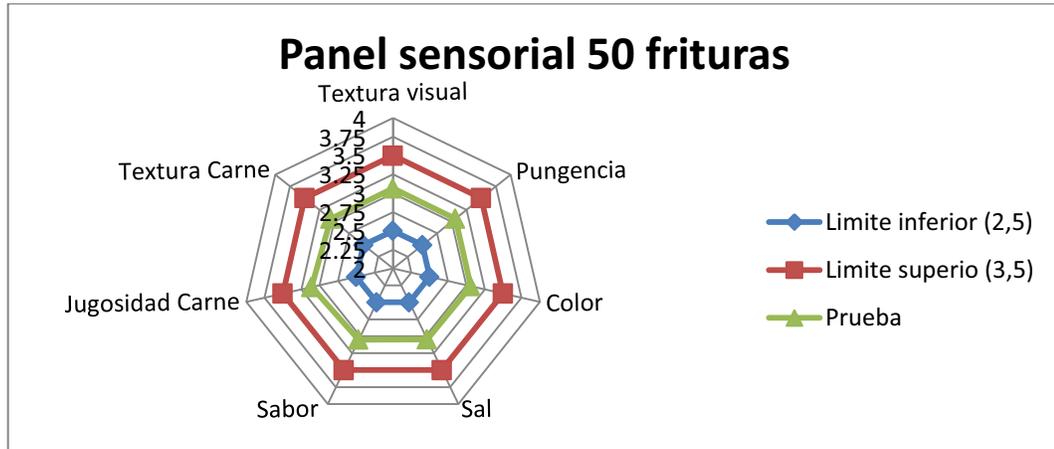
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 60. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 25 frituras utilizando aceite puro oleína de palma**



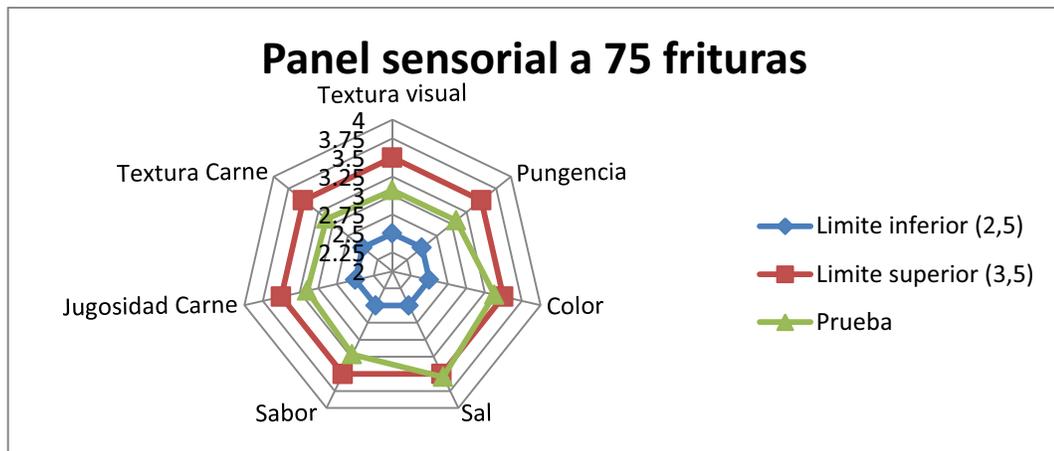
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 61. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 50 frituras utilizando aceite puro oleína de palma**



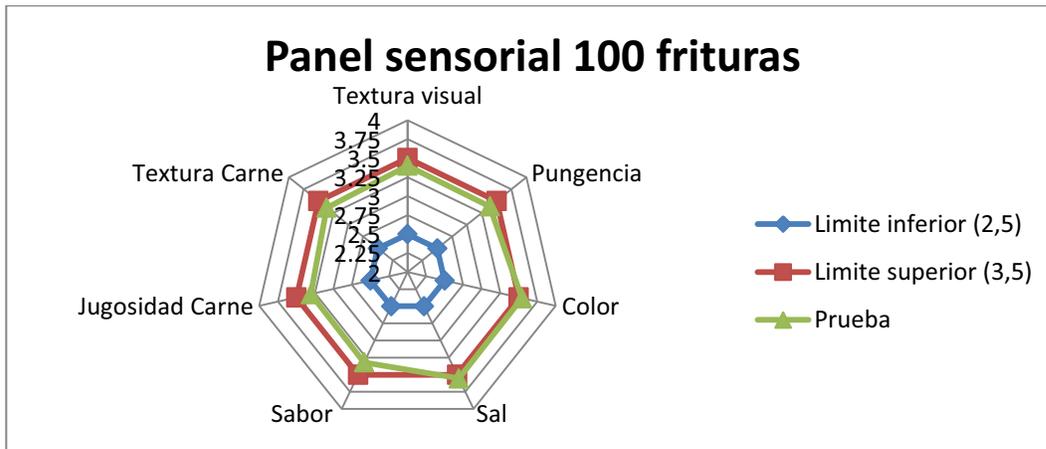
Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 62. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 75 frituras utilizando aceite puro oleína de palma**



Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

Figura 63. **Resultado de panel sensorial para un ciclo de 100 frituras utilizando aceite puro oleína de palma**



Fuente: elaboración propia, análisis experimental.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo se realizó una evaluación de tres mezclas de aceites vegetales (oleína de palma-aceite de girasol (70/30), oleína de palma-aceite de soya (75/25), oleína de palma-aceite de girasol (80/20)) y un aceite puro (oleína de palma 100). Para realizar la prueba de cada mezcla de aceites y aceite puro, se utilizó una freidora industrial del tipo HP 500. Dichas mezclas fueron evaluadas por la empresa ya que el proveedor de aceites las produjo con el objetivo de reducir costos en producción de pollo frito.

Para realizar las pruebas de estabilidad en temperatura se utilizó una termocopla con sonda, la cual fue sumergida durante los 11 minutos del ciclo de fritura y durante cada minuto se tomó lectura. Los datos fueron tabulados y se realizaron gráficas las cuales muestran la recuperación de temperatura del aceite cuando se introduce el producto. El pollo en piezas posee una temperatura de $\leq 40^\circ$ Fahrenheit y una actividad de agua de 0,95. En las figuras de la 31 a 33 se observa el comportamiento de la temperatura de las mezclas de aceites cuando las piezas son introducidas al sistema.

En dicho comportamiento se observan tres etapas. La etapa I se da en el inicio de la fritura, cuando las piezas son introducidas al aceite caliente (315° a 335° Fahrenheit) es aquí donde hay una disminución notable de la temperatura, en este momento se enciende la resistencia eléctrica de la freidora para elevar la temperatura en su rango óptimo. La temperatura de fritura transcurre en un lapso de tiempo entre 4 y 5 minutos, en la etapa I no hay proceso de fritura, únicamente se da un retiro de la masa de agua por evaporación que estaba contenida en la pieza.

En la etapa II (del minuto 4-6 al minuto 9-10) empieza el proceso de fritura efectivo para las condiciones de operación de la freidora, en las gráficas se observa que el aceite alcanza la temperatura óptima de proceso (315° a 335° Fahrenheit) logrando mantenerse entre 4 a 5 minutos en dichas condiciones. Es en esta etapa II donde el producto empieza a cocinarse de la parte interna, y la parte externa logra su propiedad característica, según parámetros sensoriales.

En la etapa III se concluye el proceso de fritura en un lapso de tiempo entre 1 a 2 minutos, en esta parte final se observa un comportamiento nuevamente descendente en la temperatura mínima del fluido térmico y en las piezas de pollo, posiblemente el producto sufra un proceso de deshidratación excesiva liberando agua propiamente del musculo y produciendo un efecto de “resequedad” no deseado.

En la figura 34 se observa el comportamiento de temperatura del aceite de oleína de palma puro. La gráfica muestra una trayectoria similar al de las otras mezclas de aceites. La principal diferencia observable es que a lo largo del tiempo del proceso la temperatura no desciende por debajo del rango de la temperatura mínima recomendable para el equipo y también se eleva la temperatura superando la temperatura máxima, de igual forma, se logra evidenciar gráficamente las etapas descritas anteriormente, únicamente con la diferencia que la pieza de pollo sufre más el efecto del calor, resultado que se evidencia en el análisis sensorial.

Esta curva de temperatura para el aceite de oleína de palma puro posee un comportamiento especial ya que dicho fluido térmico posee mayor capacidad calorífica.

La presión de cocción es un parámetro externo de control necesario puesto que la freidora trabaja como una olla de presión y al no tener la presión para la vaporización de agua el producto no se cocinaría de la parte interna. Dicha presión permanece constante durante todo el ciclo.

Para la aceptación de las mezclas de aceites o de aceite puro en el uso de las frituras se analizaron dos parámetros, los índices de calidad del fluido térmico y las propiedades sensoriales del producto de fritura. Es necesario mencionar que ambos grupos de parámetros deben de ser satisfactorios para que el fluido térmico este aceptado.

Para poder evaluar los índices de calidad de cada mezcla de aceites y aceite puro se procedió a freír el producto introduciendo en cada ciclo de fritura 40 piezas de pollo, en un ciclo de 11 minutos a 325° Fahrenheit nominal y 12 libras sobre pulgada cuadrada de presión manométrica nominal. Al llegar a las 25 frituras se colectó una muestra del fluido térmico, la cual se analizó dando los resultados de los siguientes índices de calidad: índice de peróxidos, índice de yodo, grado de acidez y compuestos polares.

Es necesario resaltar que a cada 100 frituras el aceite pasa por un filtro de carbón activado referido como perlas activas el cual remueve todos los sólidos en suspensión. Este procedimiento de refinado logra que el aceite no se degrade de forma rápida, además este filtro disminuye varios materiales procedentes de las piezas fritas compuestos que afectan al aceite (compuestos polares), también se realiza un ajuste del nivel con aceite nuevo puesto que al filtrar se pierde cierto volumen del mismo. El ajuste de nivel (2 000 mililitros aproximadamente) ayuda a que el aceite recupere parcialmente sus propiedades de inicio.

Los índices de calidad monitoreados durante los ciclos de fritura: índice de yodo, índice de peróxidos, grado de acidez y porcentaje de compuestos polares. Los índices de calidad reflejan el deterioro del tratamiento térmico al que fueron sometidas las mezclas de aceites y aceite puro.

El índice de yodo es un indicador del nivel de insaturación de la mezcla de aceites vegetales o aceite puro, si el valor nominal tiende reducirse se evidencia un efecto de reducción de la insaturación. En la figura 34 se observa el comportamiento del índice de yodo a lo largo del proceso de fritura, se observa que hay un cambio al valor inicial durante el ciclo de producción, este gradiente no refleja mucho deterioro del fluido térmico ya que es bastante pequeño.

El valor inicial del índice de yodo fue proporcionado por el proveedor de aceites e indica una propiedad específica de cada mezcla de aceites y aceite puro. En el aceite oleína de palma puro no se observa cambio en el valor a pesar de llegar solo a 100 frituras, logrando evidenciar que es un aceite estable frente al proceso de fritura, teniendo un grado de insaturación menor.

En las figuras 36 a 38 se observa el deterioro de los fluidos térmicos durante su uso en las frituras, en las cuales se evidencia que durante los ciclos de fritura los índices de calidad (índice de peróxidos, grado de acidez y compuestos polares) no tienen gradientes muy notorios, y con la reposición del fluido térmico de aproximadamente 2 000 mililitros de fluido térmico nuevo no se observan recuperaciones de ninguna de los cuatro índices de calidad. El comportamiento es similar para todos los fluidos térmicos. En el aceite oleína puro se evidencia un grado de deterioro menor a las mezclas pero siempre evidente, a pesar de ello, el análisis sensorial realizado al producto resultante fue el primero que presentó desviación desfavorable.

Esta permite proponer que la casusa de las desviaciones en propiedades sensoriales son directamente por efecto de sobrecalentado.

El porcentaje de compuestos polares es el indicador más utilizado en las frituras, por medio de este análisis se puede controlar la degradación del fluido térmico en los ciclos de fritura, para ello se utiliza un aparato llamado TESTO el cual se introduce en el aceite y en una pantalla digital se lee el valor en porcentaje de los compuestos polares presentes en el aceite.

Los compuestos polares (son grupos cargados, por lo general con oxígenos: -COOH, -OH, -CHO, -NH₂, ácidos grasos entre otros) son sustancias que tienen carga eléctrica por lo general negativa, el TESTO posee un electrodo y por medio de la conductividad de los compuestos pueden captarse una lectura. Para cumplir este parámetro es necesario estar por debajo del 25% en compuestos polares (Norma española). En las figura 38 observan que el porcentaje de compuestos polares tiene un aumento pronunciado en su valor en las primeras frituras, al llegar a la fritura 15 a 20 el valor se estabiliza y el deterioro se da de forma constante, de igual forma se realiza una comparación de todos los fluidos térmicos demostrando que el aceite oleína de palma tiene mayor estabilidad frente a las frituras a pesar de llegar solo a la fritura 100.

El resultado del proceso de fritura es el producto frito, para saber si el producto resultante tiene las propiedades sensoriales que se buscan es necesario realizar un panel el cual es el responsable dictaminar sobre y calificarlo cuantitativamente en sus características.

Al producto frito con las mezclas de aceite y aceite puro se le realizó un panel sensorial, a cada 25 frituras, los datos fueron tabulados realizando

gráficas de radar que son de gran ayuda en comparar todos los parámetros establecidos.

En dichas gráficas se observa la comparación entre todos los parámetros, las líneas rojas muestran el valor máximo (3,5), las líneas azules el valor mínimo (2,5) y las líneas verdes el valor de prueba.

En las figuras 39 a 47 el fluido térmico utilizado fue la mezcla oleína de palma-girasol 70/30 y se observa que no hay parámetros sensoriales fuera de rango hasta la fritura 210, pero, en los índices de calidad el parámetro está por llegar a su valor máximo sobretodo en compuestos polares, en este caso es necesario no llevar a la mezcla hasta su límite máximo de 25% en compuestos polares sino dejar un límite de seguridad, en este caso de 2,5%.

En las figuras 48 a 53 se observan los resultados del panel sensorial utilizando como fluido térmico la mezcla 75/25 oleína de palma-soya, se observa que solo se llegaron a 150 frituras, analizando los índices de calidad para esta mezcla no hay valores fuera de parámetro pero en el análisis sensorial se observa que el parámetro que excede el valor máximo es el color ya que esta mezcla tiende a oscurecerse con mayor rapidez afectando el color del producto provocando que a las 150 frituras este parámetro este fuera de especificación.

En las figuras 54 a 63 se utilizó como fluido térmico la mezcla de aceites oleína de palma-girasol 80/20 se observa, que el parámetro fuera de rango es nuevamente el color llegando solo a 150 frituras, esto es debido a que el contenido de 80% de oleína de palma en la mezcla ocasiona que en el ciclo de fritura se recupere la temperatura mínima afectando el color del producto debido a un recocimiento.

En las figuras 60 a 61 utilizando como fluido térmico aceite puro (oleína de palma) se observa que solo llegaron a 100 frituras teniendo fuera de parámetro el color y la sal, en este caso puntual se observa en la curva de estabilidad de la temperatura que no haya descensos bruscos de temperatura. Como se ha mencionado este aceite no pierde calor ocasionando que el producto se sobrecaliente afectando el color y resaltando la sal, teniendo como resultado que solo se produzcan 100 frituras.

Como herramienta de toma de decisiones y elegir que fluido térmico cumple con los índices de calidad y propiedades sensoriales del producto frito, se realizó un análisis de varianza y una prueba de tukey. Ambas pruebas estadísticas fueron aplicadas únicamente a las propiedades sensoriales del producto frito, ya que en dichos parámetros se logra evidenciar desviaciones, en algún parámetro específico. En los índices de calidad la aplicación de pruebas estadísticas no fue necesaria debido a que no se evidencian desviaciones de dichos parámetros durante los ciclos de fritura.

Específicamente en la mezcla oleína de palma-girasol 70/30 se realizaron 210 frituras, la cual no tiene como compararse debido a que en las demás mezclas y aceite puro no se logró dicha cantidad de frituras, esta aclaración se realiza ya que el análisis estadístico se realizó a las 100 y 150 frituras únicamente.

Las mezclas de aceites y aceite puro, primeramente, fueron comparados desde su inicio hasta la fritura 100, después el mismo procedimiento se realizó únicamente para las tres mezclas restantes hasta la fritura 150, y en el caso de aceite puro llegó únicamente hasta la fritura 100.

La prueba estadística (análisis de varianza) se utilizó para identificar la existencia de diferencias significativas entre cada mezcla de aceites y aceite puro, logrando evidenciar que la proporción oleína de palma-girasol 70/30 tiene un comportamiento diferencial en el transcurso de las frituras. La prueba estadística de tukey fue aplicada en ayuda para identificar de forma gráfica donde se dan las diferencias significativas.

En las figuras de la 20 a 30 se observa la comparación de las mezclas de aceites y aceite puro en su uso en la fritura. En el transcurso de los ciclos de fritura se logra identificar que el producto frito resultante de utilizar la proporción oleína de palma-girasol 70/30 tiene un comportamiento que lo diferencia las demás mezclas de aceites y aceite puro, esta diferenciación se hace notable en todas las propiedades sensoriales. El comportamiento identificado es bastante uniforme a lo largo de las frituras y no presenta picos de desviación inclinados al rango superior, como se logra evidenciar en las demás mezclas de aceites y aceite puro. Esta tendencia se logra identificar en las pruebas de 100 y 150 frituras. EL resultado obtenido facilita la toma de decisiones, llegando a identificar que la mezcla oleína de palma-girasol 70/30 es la más adecuada para su uso en la fritura de pollo.

CONCLUSIONES

1. La recuperación óptima de temperatura de fritura se alcanza en un período de tiempo, entre 4 a 6 minutos, al estar fuera de este rango de temperatura las propiedades sensoriales (color y sal) son afectadas entre los 100 y 150 ciclos de fritura.
2. El aceite de oleína de palma puro no evidenció desviaciones en los índices de calidad, pero el producto resultante presentó desviaciones sensoriales debido a las altas temperaturas en los ciclos de fritura.
3. La evaluación de los índices de calidad de las mezclas de aceites vegetales (oleína de palma-soya 75/25, oleína de palma-girasol 80/20) y aceite puro (oleína de palma), no presentó desviaciones entre los 100 y 150 ciclos de fritura por lo que no tienen repercusión en la desviaciones sensoriales.
4. El producto frito utilizando las mezclas de aceites vegetales (75/25 y 80/20) y aceite oleína de palma puro, presentó desviaciones en las propiedades sensoriales (color y sal) para ser descartadas entre los 100 y 150 ciclos de frituras.
5. Se identificó dentro de las mezclas de aceite vegetales y aceite puro que la proporción 70/30 no presenta desviaciones en las propiedades sensoriales durante hasta 210 ciclos de fritura.

6. Se determinó que la proporción de aceite vegetales 70/30 presentó valores límites en el rango superior para el índice de calidad de compuestos polares, siendo este el parámetro de descarte.
7. El análisis estadístico aplicado permitió identificar, que la mezcla de aceites 70/30, posee un comportamiento diferencial, estable y uniforme sin detectarse desviaciones hacia el rango superior (propiedades sensoriales), durante los ciclos de fritura.
8. Se comprobó que para la mezcla 70/30 esta posee la mayor vida útil llegando a una producción de 210 ciclos de fritura.
9. Los resultados obtenidos de la evaluación de los índices de calidad (índice de yodo, índice de peróxidos, grado de acidez y compuestos polares) no presentaron efectos directos en las propiedades sensoriales del producto frito.

RECOMENDACIONES

1. Determinar el número de ciclos de fritura para evaluar el efecto en los índices de calidad y propiedades sensoriales y establecer el ciclo de cambio parcial de aceite.
2. Realizar un estudio de las propiedades de los filtros de perlas activas utilizados para la remoción de sólidos como alternativas en combustibles.
3. Continuar el estudio de mezclas de aceites vegetales (fluido térmico) utilizando como base la oleína de palma y otros aceites diferentes a girasol y soya.
4. Evaluar el aceite vegetal en el producto frito resultante, analizando principalmente la cantidad de grasas saturadas y trans absorbidas durante el ciclo de fritura.
5. Evaluar el proceso de filtración a determinados ciclos de fritura, evaluando el impacto en los índices de calidad y propiedades sensoriales del producto frito resultante.
6. Evaluar las propiedades sensoriales de producto frito resultante utilizando como fluido térmico las mezclas de aceites vegetales y aceite puro estudiadas, en función de la temperatura, presión y tiempo durante el ciclo de fritura.

7. Evaluar las propiedades fisicoquímicas del aceite de oleína de palma puro bajo condiciones de operación de la freidora HP 500.
8. Determinar la propiedad, capacidad calorífica, del aceite puro y mezclas de aceites vegetales como parámetro fisicoquímico a evaluar.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHARLEY, Helen. *Tecnología de los alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. México: Limusa, 2000. 305-336 p.
2. DÍAZ, Abel. *Diseño estadístico de experimentos*. 2a ed. Colombia: Universidad de Antioquia, 2009. 227 p.
3. GIL HERNÁNDEZ, Ángel. *Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. España: Médica Panamericana, 2010. 758 p.
4. MONTES, Eduardo; LLORET, Irene; LÓPEZ, Miguel. *Diseño y gestión de cocina*. 2a ed. España: Díaz de Santos, 2009. 758 p.
5. Comisión Guatemalteca de Normas. *NGO 34 072, NGO 34 072 h2, NGO 34 072 h21*. Guatemala: COGUANOR, 2007.
6. WINGROVE, Alan. *Química orgánica*. México: OXFORD, 1245-1256 p.

APÉNDICE

A. DATOS CALCULADOS

Temperatura de estabilidad para la mezcla de aceites palma-aceite de soya
(75/25)

Tiempo min	Temperatura de prueba °F	Temperatura Rango Mínimo °F	Temperatura Rango Máximo °F
0	333	315	335
1	287	315	335
2	293	315	335
3	296	315	335
4	300	315	335
5	303	315	335
6	311	315	335
7	320	315	335
8	326	315	335
9	324	315	335
10	314	315	335
11	312	315	335

Fuente: Suministros de restaurantes

**Temperatura de estabilidad para la mezcla de aceites oleína de palma-
aceite de girasol (80/20)**

Tiempo min	Temperatura de prueba °F	Temperatura Rango Mínimo °F	Temperatura Rango Máximo °F
0	327	315	335
1	283	315	335
2	290	315	335
3	306	315	335
4	312	315	335
5	318	315	335
6	325	315	335
7	312	315	335
8	309	315	335
9	323	315	335
10	327	315	335
11	324	315	335

Fuente: Suministros de restaurantes

**Temperatura de estabilidad para la mezcla de aceites oleína de palma-
aceite de girasol (70/30)**

Tiempo min	Temperatura de prueba °F	Temperatura Rango Mínimo °F	Temperatura Rango Máximo °F
0	330	315	335
1	287	315	335
2	289	315	335
3	290	315	335
4	305	315	335
5	315	315	335
6	318	315	335
7	321	315	335
8	324	315	335
9	324	315	335
10	310	315	335
11	310	315	335

Fuente: Suministros de restaurantes

Temperatura de estabilidad para la mezcla de aceites oleína de palma puro

Tiempo min	Temperatura de prueba °F	Temperatura Rango Mínimo °F	Temperatura Rango Máximo °F
0	330	315	335
1	312	315	335
2	318	315	335
3	328	315	335
4	337	315	335
5	347	315	335
6	339	315	335
7	332	315	335
8	318	315	335
9	322	315	335
10	333	315	335
11	345	315	335

Fuente: Suministros de restaurantes

Índices de calidad para el aceite oleína de palma-aceite de soya (75/25)

Número de frituras	Índice de yodo	Índice de peróxidos (meqO/Kg)	Grado de acidez (%)	Compuestos Polares (%)
0	76,39	0,05	0,05	0
25	76,39	0,45	0,47	14,5
50	76,39	0,5	0,68	16
75	76,39	0,56	0,89	17,1
100	65	0,34	1,19	17,5
125	65	0,36	1,24	17,9
150	66,5	0,7	1,67	18,9

Fuente: NGO 34 072 h2, NGO 34 072 h21, AOCS Ca5a – 40, TESTO medidor de compuestos polares.

Índices de calidad para el aceite oleína de palma-aceite de girasol (80/20)

Número de frituras	Índice de yodo	Índice de peróxidos (meqO/Kg)	Grado de acidez (%)	Compuestos Polares (%)
0	69,75	0,05	0,05	0
25	69,75	0,45	0,34	14,5
50	68,79	0,5	0,4	15,89
75	68,79	0,56	0,51	16,67
100	67,04	0,5	0,49	16,55
125	67,04	0,68	0,6	16,7
150	67,04	0,8	0,67	17

Fuente: NGO 34 072 h2, NGO 34 072 h21, AOCS Ca5a – 40, TESTO medidor de compuestos polares.

Índices de calidad para el aceite oleína de palma-aceite de girasol (70/30)

Número de frituras	Índice de yodo	Índice de peróxidos (meqO/Kg)	Grado de acidez (%)	Compuestos Polares (%)
0	79,18	0,05	0,05	0
25	79,18	0,45	0,38	14,5
50	78,89	0,5	0,79	16
75	78,89	0,56	0,99	17,7
100	77,71	0,52	1,7	17,7
125	77,71	0,53	1,68	17,9
150	77,71	0,7	1,77	18,9
175	77,71	0,75	1,89	21
200	77,71	0,71	2,37	20,2
210	77,71	0,75	2,57	22,5

Fuente: NGO 34 072 h2, NGO 34 072 h21, AOCS Ca5a – 40, TESTO medidor de compuestos polares.

Índices de calidad para el aceite oleína de palma (100)

Número de frituras	Índice de yodo	Índice de peróxidos (meqO/Kg)	Grado de acidez (%)	Compuestos Polares (%)
0	65	0,05	0,05	0
25	65	0,45	0,34	10
50	65	0,5	0,4	12,5
75	65	0,56	0,51	14,3
100	65	0,5	0,49	14

Fuente: NGO 34 072 h2, NGO 34 072 h21, AOCS Ca5a – 40, TESTO medidor de compuestos polares.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 25 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de soya (75/25).**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,07	3,12	2,5	2,5	3	2,5	2,9
Panelista 2	3	3,25	2,8	2,9	3,1	2,6	3
Panelista 3	2,6	3,3	2,7	3	2,9	2,9	3,2
Panelista 4	2,8	3,3	2,6	3,1	3,1	3,5	3,15
Panelista 5	3,1	3,1	2,9	2,6	2,8	3,4	2,9
Panelista 6	3,2	2,5	3	2,8	2,6	3,2	3,2
Panelista 7	3,5	2,9	2,6	3,3	3,3	3,3	3
Panelista 8	3	3	2,7	3,2	3,1	2,9	2,8
Panelista 9	3,1	2,6	2,5	2,6	3	2,7	2,7
Panelista 10	2,8	2,7	2,8	2,8	2,7	2,6	2,65
Promedio	3,02	2,98	2,71	2,8	2,96	2,96	2,95

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 50 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de soya (75/25)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	2,8	2,85	3,1	2,9	2,9
Panelista 2	3,25	3,1	2,95	2,95	3	3,1	2,6
Panelista 3	3,15	2,95	2,75	3	3,2	2,7	2,95
Panelista 4	2,95	3	3	3,25	3,15	2,95	3
Panelista 5	3	3,2	3,2	3	3,19	3	3,85
Panelista 6	3,15	3,1	2,85	3,25	3,2	3	3,25
Panelista 7	3	3	2,9	2,95	3	3,1	3,2
Panelista 8	3,25	2,95	3,15	3	3,85	3,25	3,15
Panelista 9	3,2	3	3	3,15	2,9	3	3
Panelista 10	3,25	3,25	3,25	3	3,15	3,15	3,05
Promedio	3,12	3,06	2,98	3,04	2,99	3,06	3,10

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 75 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de soya (75/25)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	3,1	3	3,1	3	3
Panelista 2	3,15	3,15	3	3,25	3,2	3,15	3,1
Panelista 3	3	3,2	3,25	2,95	3,2	3,2	3
Panelista 4	3,25	3,1	3	2,8	3,25	2,95	3,25
Panelista 5	3	3	3,15	3	3,1	2,9	3,2
Panelista 6	3,1	3	3,00	3,05	3,15	3,2	3,3
Panelista 7	3,05	2,95	3,25	2,95	3,05	3,3	2,95
Panelista 8	3	3,25	3,3	3	2,95	3,25	3
Panelista 9	3,15	3	3,05	3	3,2	3,35	3,15
Panelista 10	3	3	3	3,1	3,3	3	3
Promedio	3,07	3,07	3,11	3,01	3,05	3,13	3,10

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 100 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de soya (75/25)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,2	3	3,3	3,25	3,1	3,15	3
Panelista 2	3,1	3,1	3,35	3,3	3,1	3	3,2
Panelista 3	3,2	3,25	3,2	3,25	3	3,25	3
Panelista 4	3,3	3	3,15	3,15	3,25	3,2	3,15
Panelista 5	3,25	3,15	3,35	3,35	3	3	3
Panelista 6	3,1	3,15	3,35	3,2	3,35	3,15	3,3
Panelista 7	3	3,3	3,4	3	3,15	3,25	3,25
Panelista 8	3,15	3,25	3,25	3,1	3,25	3	3
Panelista 9	3,15	3	3,35	3	3,05	3,3	2,95
Panelista 10	3,25	3,2	3,1	3,35	3	3,15	3,15
Promedio	3,17	3,14	3,28	3,20	2,99	3,15	3,10

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 125 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de soya (75/25)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,3	3,25	3,3	3,25	3,2	3	3
Panelista 2	3,35	3,35	3,45	3,3	3,25	3,25	3,4
Panelista 3	3,4	3,15	3,45	3	3	3,15	3,15
Panelista 4	3,5	3,45	3,5	3,25	3,35	3,35	3
Panelista 5	3,45	3,35	3,35	3,45	3,3	3,05	3,25
Panelista 6	3,25	3,3	3,6	3,3	3	3,25	3
Panelista 7	3,6	3,55	3,45	3,25	3,25	3,3	3,4
Panelista 8	3,55	3,1	3,55	3,05	3,4	3,4	3,2
Panelista 9	3,3	3,45	3,5	3,3	3,45	3,15	3,25
Panelista 10	3,25	3,3	3,5	3	3,35	3	3,15
Promedio	3,40	3,33	3,46	3,2	3,10	3,19	3,18

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 150 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de soya (75/25)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,5	3,25	3,55	3,15	3,35	3	3
Panelista 2	3,45	3,45	3,6	3,35	3,45	3,15	3,35
Panelista 3	3,6	3,15	3,45	3,45	3,4	3,2	3,15
Panelista 4	3,55	3,55	3,5	3	3,35	3,3	3,3
Panelista 5	3,35	3,4	3,55	3,45	3,4	3,15	3,35
Panelista 6	3,6	3,6	3,6	3,3	3,4	3,25	3,25
Panelista 7	3,65	3,5	3,55	3,25	3,25	3,35	3,15
Panelista 8	3,45	3,35	3,65	3,35	3,5	3,2	3,25
Panelista 9	3,6	3,25	3,4	3,2	3,45	3	3,4
Panelista 10	3,55	3,45	3,45	3,25	3,35	3,25	3,2
Promedio	3,53	3,40	3,53	3,28	3,15	3,19	3,24

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 25 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,07	3,12	2,5	2,5	3	2,5	2,9
Panelista 2	3	3,25	2,8	2,9	3,1	2,6	3
Panelista 3	2,6	3,3	2,7	3	2,9	2,9	3,2
Panelista 4	2,8	3,3	2,6	3,1	3,1	3,5	3,15
Panelista 5	3,1	3,1	2,9	2,6	2,8	3,4	2,9
Panelista 6	3,2	2,5	3	2,8	2,6	3,2	3,2
Panelista 7	3,5	2,9	2,6	3,3	3,3	3,3	3
Panelista 8	3	3	2,7	3,2	3,1	2,9	2,8
Panelista 9	3,1	2,6	2,5	2,6	3	2,7	2,7
Panelista 10	2,8	2,7	2,8	2,8	2,7	2,6	2,65
Promedio	3,02	2,98	2,71	2,88	2,96	2,96	2,95

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 50 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	2,8	2,85	3,1	2,9	2,9
Panelista 2	3,25	3,1	2,95	2,95	3	3,1	2,6
Panelista 3	3,15	2,95	2,75	3	3,2	2,7	2,95
Panelista 4	2,95	3	3	3,25	3,15	2,95	3
Panelista 5	3	3,2	3,2	3	3,19	3	3,85
Panelista 6	3,15	3,1	2,85	3,25	3,2	3	3,25
Panelista 7	3	3	2,9	2,95	3	3,1	3,2
Panelista 8	3,25	2,95	3,15	3	3,85	3,25	3,15
Panelista 9	3,2	3	3	3,15	2,9	3	3
Panelista 10	3,25	3,25	3,25	3	3,15	3,15	3,05
Promedio	3,12	3,06	2,99	3,04	2,99	3,02	3,10

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 75 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	3,1	3	3,1	3	3
Panelista 2	3,15	3,15	3	3,25	3,2	3,15	3,1
Panelista 3	3	3,2	3,25	2,95	3,2	3,2	3
Panelista 4	3,25	3,1	3	2,8	3,25	2,95	3,25
Panelista 5	3	3	3,15	3	3,1	2,9	3,2
Panelista 6	3,1	3	3	3,05	3,15	3,2	3,3
Panelista 7	3,05	2,95	3,25	2,95	3,05	3,3	2,95
Panelista 8	3	3,25	3,3	3	2,95	3,25	3
Panelista 9	3,15	3	3,05	3	3,2	3,35	3,15
Panelista 10	3	3	3	3,1	3,3	3	3
Promedio	3,07	3,07	3,11	3,01	3,05	3,13	3,10

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 100 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,2	3	3,3	3,25	3,1	3,15	3
Panelista 2	3,1	3,1	3,35	3,3	3,1	3	3,2
Panelista 3	3,2	3,25	3,2	3,25	3	3,25	3
Panelista 4	3,3	3	3,15	3,15	3,25	3,2	3,15
Panelista 5	3,25	3,15	3,35	3,35	3	3	3
Panelista 6	3,1	3,15	3,35	3,2	3,35	3,15	3,3
Panelista 7	3	3,3	3,4	3	3,15	3,25	3,25
Panelista 8	3,15	3,25	3,25	3,1	3,25	3	3
Panelista 9	3,15	3	3,35	3	3,05	3,3	2,95
Panelista 10	3,25	3,2	3,1	3,35	3	3,15	3,15
Promedio	3,17	3,14	3,28	3,20	2,99	3,15	3,10

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 125 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,3	3,25	3,3	3,25	3,2	3	3
Panelista 2	3,35	3,35	3,45	3,3	3,25	3,25	3,4
Panelista 3	3,4	3,15	3,45	3	3	3,15	3,15
Panelista 4	3,5	3,45	3,5	3,25	3,35	3,35	3
Panelista 5	3,45	3,35	3,35	3,45	3,3	3,05	3,25
Panelista 6	3,25	3,3	3,6	3,3	3	3,25	3
Panelista 7	3,6	3,55	3,45	3,25	3,25	3,3	3,4
Panelista 8	3,55	3,1	3,55	3,05	3,4	3,4	3,2
Panelista 9	3,3	3,45	3,5	3,3	3,45	3,15	3,25
Panelista 10	3,25	3,3	3,5	3	3,35	3	3,15
Promedio	3,40	3,33	3,47	3,23	3,10	3,19	3,18

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 150 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (80/20)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,5	3,25	3,55	3,15	3,35	3	3
Panelista 2	3,45	3,45	3,6	3,35	3,45	3,15	3,35
Panelista 3	3,6	3,15	3,45	3,45	3,4	3,2	3,15
Panelista 4	3,55	3,55	3,5	3	3,35	3,3	3,3
Panelista 5	3,35	3,4	3,55	3,45	3,4	3,15	3,35
Panelista 6	3,6	3,6	3,6	3,3	3,4	3,25	3,25
Panelista 7	3,65	3,5	3,55	3,25	3,25	3,35	3,15
Panelista 8	3,45	3,35	3,65	3,35	3,5	3,2	3,25
Panelista 9	3,6	3,25	3,4	3,2	3,45	3	3,4
Panelista 10	3,55	3,45	3,45	3,25	3,35	3,25	3,2
Promedio	3,53	3,40	3,53	3,28	3,15	3,19	3,24

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 25 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	2,7	2,85	2,5	2,5	2,85	2,5	2,9
Panelista 2	2,6	3	2,65	2,9	2,75	2,6	3,1
Panelista 3	2,55	2,7	2,7	3	2,6	2,9	3
Panelista 4	2,8	2,6	2,6	2,95	3	3	2,75
Panelista 5	2,65	3	2,9	2,6	3,8	3,1	2,9
Panelista 6	2,8	2,75	2,95	2,8	2,95	2,95	2,95
Panelista 7	2,7	2,65	2,85	3	2,9	2,8	2,85
Panelista 8	2,85	3	2,8	2,85	2,85	3,15	2,7
Panelista 9	2,9	3,1	2,65	2,7	2,75	3	2,6
Panelista 10	2,8	2,7	2,8	2,8	2,8	3	2,9
Promedio	2,74	2,84	2,74	2,81	2,92	2,90	2,86

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 50 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	2,95	2,6	2,7	3,1	2,5	2,5
Panelista 2	2,9	3	2,8	2,95	3	3,1	2,6
Panelista 3	2,85	3,05	2,9	2,8	3,2	2,5	2,7
Panelista 4	2,9	3	3	2,95	3,15	2,6	3,1
Panelista 5	2,8	2,85	3,1	3	3,19	3,1	3
Panelista 6	3	2,9	3	3,05	3,2	3,2	2,6
Panelista 7	3,05	3,15	2,8	3	3	3,4	3,15
Panelista 8	3	3	2,9	3	2,8	3,05	3,2
Panelista 9	3,1	3,1	2,85	2,85	2,9	3	2,95
Panelista 10	2,95	3	3,05	3,15	3,05	3,15	3
Promedio	2,96	3,00	2,90	2,94	3,06	2,96	2,88

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 75 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	2,9	2,8	3	2,5	3	2,6	2,9
Panelista 2	3,1	3,1	3,2	2,85	3,1	2,85	2,85
Panelista 3	3	3,15	3,4	2,75	3	3,1	2,95
Panelista 4	3,1	3,05	3	3	2,9	2,9	3,2
Panelista 5	2,85	3	3	3,1	2,8	2,75	3,1
Panelista 6	3	2,9	2,65	3,2	2,95	2,9	3,05
Panelista 7	3	3	3	2,75	3,15	3,4	2,9
Panelista 8	3,05	2,95	3,25	2,95	3	3,3	2,8
Panelista 9	3,15	3,1	2,55	3,35	3	3,1	3
Panelista 10	3	3,15	2,95	3,4	3,25	3,5	3,1
Promedio	3,02	3,02	3,00	2,98	3,02	3,04	2,99

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 100 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	2,9	3,4	3,1	2,5	3	2,6	2,9
Panelista 2	3,1	3,1	3,2	2,85	3,1	2,85	3
Panelista 3	3	3,14	3,4	2,75	3	3,1	3
Panelista 4	3,1	3	3	3	2,9	2,9	3,15
Panelista 5	2,7	3,15	3,1	3,1	2,8	2,75	3,25
Panelista 6	2,88	2,85	2,65	3,2	2,95	2,9	3
Panelista 7	2,55	2,5	3,1	2,75	3,15	3,4	3,15
Panelista 8	3,11	2,95	3,25	2,95	3	3,3	3
Panelista 9	3,5	3,4	2,55	3,35	3	3,1	3,25
Panelista 10	3,12	3	2,7	3,4	3,15	3,5	3
Promedio	3,00	3,05	3,01	2,99	3,01	3,04	3,07

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 125 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3,1	3,1	2,5	3,1	2,6	2,5
Panelista 2	3,2	3,2	3,2	2,6	3	2,75	2,6
Panelista 3	2,95	3,05	3,5	2,7	3,2	3	2,7
Panelista 4	2,9	3	2,95	2,8	3,15	2,85	3,1
Panelista 5	3,2	2,95	2,95	2,8	3,19	2,9	3,3
Panelista 6	3	2,8	2,8	2,9	3,2	3,1	3
Panelista 7	3,05	3,2	3,15	3,1	3	3,05	3,25
Panelista 8	2,65	3,1	3,1	3,15	2,8	3	3,2
Panelista 9	3,25	2,85	3,25	3,25	2,9	3,1	3,05
Panelista 10	3,5	2,9	3,3	3,3	3,3	3,15	3
Promedio	3,07	3,02	3,13	2,91	3,10	2,95	2,97

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 150 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3,1	3,1	2,75	3,1	2,75	2,6
Panelista 2	3,1	3	3,2	2,6	3	2,85	2,75
Panelista 3	3	3,3	3,5	2,7	3,2	3	2,6
Panelista 4	3,05	3	2,95	2,8	3,15	2,95	2,95
Panelista 5	3	3,2	2,95	2,8	3,19	3,1	3
Panelista 6	3,15	3	2,8	2,9	3,2	3	3,1
Panelista 7	2,95	3,1	3,15	3,1	3	3,35	2,95
Panelista 8	3,15	3,45	3,1	3,15	2,8	3,45	3,2
Panelista 9	3,3	3	3,25	3,25	2,9	3	3,15
Panelista 10	3	3	3,3	3,3	3,3	2,95	3
Promedio	3,07	3,12	3,13	2,94	3,15	3,04	2,93

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 175 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3,2	3,2	2,8	3,1	3,1	3
Panelista 2	3,1	3,45	3,1	2,95	3	3	3,05
Panelista 3	2,95	3,1	3,4	3,1	3,35	2,95	3,1
Panelista 4	3,2	3,2	3	2,95	3,3	3	3
Panelista 5	3,1	3,4	3	3,35	3,25	3,05	3
Panelista 6	3	3,25	3,15	3,25	3,15	3,1	3,2
Panelista 7	3,05	3,1	3,3	2,95	3,05	3,15	3,3
Panelista 8	3,15	2,95	3,25	3,3	3,4	2,8	3,05
Panelista 9	3,1	3,25	3,1	3,1	3,35	3	3,15
Panelista 10	3,1	3,15	3	3,25	3,1	3	3
Promedio	3,08	3,21	3,15	3,10	3,21	3,02	3,09

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 200 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,3	3,25	3,1	3	3	3	3
Panelista 2	3,2	3,45	3,5	3,1	3,25	3,1	3
Panelista 3	3,3	3,15	3,4	3,1	3,1	3	3,1
Panelista 4	3,25	3,25	3,4	3,25	3	3,25	3,5
Panelista 5	3,15	3,5	3,3	3,35	3,25	3,3	3
Panelista 6	3,45	3,5	3	3,4	3,45	3,5	3,25
Panelista 7	3,5	3,3	3,25	3,5	3,5	3,4	3,3
Panelista 8	3,2	3,25	3,1	3	3,35	3	3,45
Panelista 9	3,2	3,15	3,25	3,25	3,35	3,15	3,2
Panelista 10	3,35	3,5	3,35	3,35	3,45	3,25	3,2
Promedio	3,29	3,32	3,27	3,23	3,27	3,20	3,20

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 210 ciclos de fritura,
utilizando la mezcla de aceites oleína de palma-aceite de girasol (70/30)**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	3	3,1
Panelista 2	3,3	3,25	3,45	3,25	3,2	3,2	3,5
Panelista 3	3,4	3,3	3,35	3,3	3,15	3,15	3,3
Panelista 4	3,35	3,35	3,5	3,15	3,4	3,2	3,4
Panelista 5	3,05	3,15	3,35	3,3	3,5	3,3	3,2
Panelista 6	3	3,05	3,2	3,45	3,25	3,5	3,2
Panelista 7	3,5	3,5	3,3	3,45	3,45	3,45	3,25
Panelista 8	3,45	3,45	3,1	3,35	3,25	3,15	3,3
Panelista 9	3,25	3,5	3	3,1	3,35	3,05	3,45
Panelista 10	3,35	3,5	3,4	3,45	3,3	3	3,2
Promedio	3,29	3,32	3,29	3,29	3,29	3,20	3,29

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 25 ciclos de fritura,
utilizando aceite oleína de palma puro**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	3	3	3	3,1	3
Panelista 2	3,1	2,95	3,1	2,85	2,95	3	3,1
Panelista 3	3	3	2,95	2,95	2,85	2,95	3
Panelista 4	3,1	3,1	3	3,05	3	2,8	2,95
Panelista 5	3	2,95	3,1	3,1	3,1	3,1	3
Panelista 6	3,1	2,8	3	2,95	3,05	3	3,1
Panelista 7	3,2	3	2,95	3	3,1	3,1	3,2
Panelista 8	3	2,95	3	3,1	3	3	3,15
Panelista 9	3	3	3,25	3	2,85	3	3
Panelista 10	3,1	3,1	3	3	3	3,15	3,25
Promedio	3,06	2,99	3,03	3,00	2,99	3,02	3,07

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 50 ciclos de fritura,
utilizando aceite oleína de palma puro**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	3	3	3,1	3	3
Panelista 2	3,2	3,1	3	3	3	3,05	3,1
Panelista 3	3,25	3,25	3,05	3,15	3	2,95	3,25
Panelista 4	3	3	3,1	2,95	3,05	3	2,95
Panelista 5	2,95	2,85	3,15	3,05	2,95	3,25	3
Panelista 6	3	2,95	3	3,15	3	3,3	3
Panelista 7	2,85	3	3,25	3,25	3,25	3,15	3,1
Panelista 8	3	3,2	3	2,95	3,2	3,15	3,25
Panelista 9	3,15	3	3,05	3	2,95	3	3
Panelista 10	3,25	3,25	3	2,95	3	3,25	2,95
Promedio	3,07	3,06	3,06	3,04	3,05	3,11	3,06

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 75 ciclos de fritura,
utilizando aceite oleína de palma puro**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3	3	3,3	3,45	3,1	3,05	3,05
Panelista 2	3,15	3,15	3,4	3,5	3,15	3,15	3,1
Panelista 3	3	3,2	3,35	4,4	3,25	3,25	2,95
Panelista 4	3,25	3,1	3,4	3,5	3,15	3,15	3
Panelista 5	3	3	3,35	3,35	3,25	3	3,15
Panelista 6	3,1	3	3,45	3,4	3,3	3,2	3
Panelista 7	3,05	2,95	3,5	3,45	3,15	3,35	3,15
Panelista 8	3	3	3,3	3,4	3,3	3,1	3,25
Panelista 9	3,15	3,1	3,35	3,45	3,25	3,25	3,2
Panelista 10	3	3,25	3,4	3,35	3,25	3	3,25
Promedio	3,07	3,08	3,38	3,54	3,22	3,15	3,11

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

**Resultados por parte del panel sensorial a los 100 ciclos de fritura,
utilizando aceite oleína de palma puro**

Panelista / propiedad sensorial	Textura visual	Pungencia	Color	Sal	Sabor	Jugosidad Carne	Textura Carne
Panelista 1	3,3	3,1	3,45	3,5	3,2	3,25	3
Panelista 2	3,35	3,5	3,45	3,55	3,3	3,3	3,25
Panelista 3	3,35	3,3	3,65	3,45	3,25	3,35	3,35
Panelista 4	3,45	3,45	3,6	3,6	3,35	3,25	3,4
Panelista 5	3,5	3,55	3,65	3,55	3,3	3,25	3,5
Panelista 6	3,4	3,25	3,55	3,65	3,4	3,3	3,4
Panelista 7	3,45	3,4	3,5	3,55	3,15	3,35	3,5
Panelista 8	3,35	3,3	3,45	3,5	3,45	3,4	3,3
Panelista 9	3,4	3,6	3,65	3,65	3,35	3,25	3,45
Panelista 10	3,45	3,4	3,5	3,55	3,45	3,35	3,45
Promedio	3,40	3,39	3,55	3,56	3,32	3,31	3,36

Fuente: Panel sensorial Suministros de Restaurante.

B. REQUISITOS ACADÉMICOS

1 paso	2 paso	3 paso	4 paso	5 paso	6 paso	7 paso	
Carrera	Área	Tema genérico	Tema específico	Especificación		Ternario tentativo	
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA	QUÍMICA	Química orgánica	Grasas y aceites. Propiedades intensivas y extensivas	Proporción de mezclas. Densidad	EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES Y U ACEITE VEGETAL PURO UTILIZADAS EN LA FRITURA DE POLLO EN FUNCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CLIDAD DE LOS ACEITES VEGETALES Y DE LAS PROPIEDADES SEHSORIALES DEL PRODUCTO FRITO.	<ol style="list-style-type: none"> Propiedades físicas y químicas de mezclas de aceites. Composición molecular de la mezcla de aceite vegetales para frituras. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de aceites vegetales. Transferencia de calor y masa del aceite al producto. Análisis estadístico de un conjunto de datos Interpretación de datos 	
		Análisis Cuantitativo	Volumetría	Volumetría de neutralización			
		FISICO-QUÍMICA	Laboratorio de fisicoquímica	Análisis fisicoquímicos			Compuestos polares
		OPERACIONES UNITARIAS	Transferencia de calor y masa	Contacto sólido-líquido			Recuperación de temperatura Absorción desorción
	CIENCIAS BÁSICAS	Estadística	Análisis de datos	Promedios, graficas.			
			Pruebas de hipótesis	Aceptación o rechazo de hipótesis			

C. DIAGRAMA ISHIKAWA

