

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

### MAESTRÍA EN QUÍMICA, MENCIÓN QUÍMICA - FÍSICA

**Tema:**

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL NÚMERO DE FRITURAS SOBRE EL  
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DIFERENTES ACEITES COMESTIBLES”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister  
en Química mención Química Física

Modalidad de titulación proyecto de desarrollo

**Autor:** Ingeniero, Mario Danilo Villacrés Pérez

**Director:** Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

**Ambato – Ecuador**

**2022**

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magister e integrado por los señores: Licenciada Noroska Gabriela Salazar Mogollón PhD. y el Químico Lander Vinicio Pérez Aldás, Magíster. Designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: “Efecto de la temperatura y el número de frituras sobre el perfil de ácidos grasos de diferentes aceites comestibles”, elaborado y presentado por el Ingeniero Mario Danilo Villacrés Pérez, para optar por el Grado Académico de Magister en Química, Mención Química Física; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.  
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

-----  
Lic. Noroska Gabriela Salazar Mogollón PhD.  
Miembro del Tribunal de Defensa

-----  
Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.  
Miembro del Tribunal de Defensa

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Efecto de la temperatura y el número de frituras sobre el perfil de ácidos grasos de diferentes aceites comestibles”, le corresponde exclusivamente al Ingeniero Mario Danilo Villacrés Pérez, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg., Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

.....

Ing. Mario Danilo Villacrés Pérez

**AUTOR**

.....

Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

.....  
Ingeniero Mario Danilo Villacrés Pérez.

C.I: 1804147617

## INDICE GENERAL

### Contenido

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
AGRADECIMIENTO.....	xiv
DEDICATORIA.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
EXECUTIVE SUMMARY.....	xviii
CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN:.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
CAPITULO II.....	4
MARCO TEORICO.....	4
2.1. ACEITES VEGETALES.....	4
2.1.1 Composición química de los aceites vegetales.....	4
2.1.2 Procesos de extracción de aceites vegetales.....	7
2.1.3 Aceite de Chía.....	8
2.1.4 Aceite de ajonjolí.....	8
2.1.5 Aceite de soya.....	9
2.2 DEGRADACIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES DURANTE EL PROCESO DE FRITURA....	10
2.3 QUÍMICA DEL DETERIORO DE ACEITES.....	12
2.4 TÉCNICA DE ANÁLISIS MÁS COMÚNMENTE EMPLEADAS EN LA DETECCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS.....	15
MÉTODOS DE SEPARACIÓN CROMATOGRÁFICOS.....	15
CAPITULO III.....	17
METODOLOGIA.....	17
3.1 EQUIPOS.....	17

3.2	MATERIALES.....	17
3.3	REACTIVOS .....	17
3.4	METODOLOGÍA .....	18
3.4.1	Aceites empleados en el estudio: .....	18
3.4.2	Procedimiento de fritura.....	19
3.4.3	Parámetros físico – químicos .....	21
3.4.4	Identificación de ácidos grasos .....	23
3.4.5	Cuantificación de ácidos grasos .....	24
3.5	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	25
3.5.1	Experimental. ....	25
3.5.2	Diseño experimental.....	25
3.6	HIPÓTESIS .....	26
	Hipótesis Nula.....	26
	Hipótesis Alternativa.....	26
3.7	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	27
3.8	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
3.9	PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	28
3.10	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
CAPÍTULO IV .....		30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		30
4.1	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS ACEITES DE SOYA (GLYCINE MAX), CHÍA (SALVIA HISPÁNICA) Y AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.). .....	30
4.2	EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE ACIDEZ DE LOS ACEITES DE SOYA (GLYCINE MAX), CHÍA (SALVIA HISPÁNICA) Y AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) A DIFERENTES TEMPERATURAS DE FRITURA. ....	37
4.3	ESTUDIO DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LOS ACEITES DE SOYA (GLYCINE MAX), CHIA (SALVIA HISPÁNICA) Y AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) A DIFERENTES TEMPERATURAS DE FRITURA Y NUMERO DE FRITURAS. ....	43
CAPÍTULO V.....		60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		60
5.1.	CONCLUSIONES.....	60
5.2.	RECOMENDACIONES .....	62
BIBLIOGRAFÍA .....		63
ANEXOS .....		68
ANEXO A: ANALISIS ESTADISTICO PERFIL DE ACIDOS GRASOS ACEITES .....		68

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN EL ACEITE DE CHÍA.....	8
TABLA 2: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN EL ACEITE DE AJONJOLÍ .....	9
TABLA 3: VARIABLES Y NIVELES DE LA INVESTIGACIÓN .....	26
TABLA 4: DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS ....	28
TABLA 5: RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS MUESTRAS CRUDAS.....	31
TABLA 6: CAMBIOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE SOYA, CHÍA Y AJONJOLÍ A DIFERENTES TEMPERATURAS DE FRITURAS .	33
TABLA 7: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE REFRACCIÓN - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	34
TABLA 8: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE REFRACCIÓN POR TIPO DE ACEITE.....	35
TABLA 9: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE REFRACCIÓN POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	35
TABLA 10: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÍNDICE DE REFRACCIÓN POR TRATAMIENTOS .....	35
TABLA 11: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	36
TABLA 12: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR TIPO DE ACEITE.....	36
TABLA 13: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR TRATAMIENTOS .....	37
TABLA 14: CAMBIOS DEL ÍNDICE DE ACIDEZ ACEITE DE SOYA, CHÍA Y AJONJOLÍ A DIFERENTES TEMPERATURAS DE FRITURA.....	38
TABLA 15: RESULTADOS PROMEDIOS DE ÍNDICE DE ACIDEZ PARA MUESTRAS CRUDAS Y A DISTINTAS TEMPERATURAS. ....	39
TABLA 16: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE ACIDEZ - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	41
TABLA 17: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR TIPO DE ACEITE.....	41
TABLA 18: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR TRATAMIENTOS .....	42
TABLA 19: PERFIL ÁCIDOS GRASOS DE LOS ACEITES CRUDOS .....	43

TABLA 20: RESUMEN ANÁLISIS PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS ACEITE DE SOYA CON TRATAMIENTOS (TEMPERATURA Y # FRITURAS) .....	47
TABLA 21: RESUMEN ANÁLISIS PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS ACEITE DE CHÍA CON TRATAMIENTOS (TEMPERATURA Y # FRITURAS) .....	48
TABLA 22: RESUMEN ANÁLISIS PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS ACEITE DE AJONJOLÍ CON TRATAMIENTOS (TEMPERATURA Y # FRITURAS).....	49
TABLA 55. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO LINOLÉNICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	50
TABLA 56: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO LINOLÉNICO POR ACEITES	50
TABLA 57: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO LINOLÉNICO POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	51
TABLA 58: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO LINOLÉNICO POR NÚMERO DE FRITURAS .....	51
TABLA 59: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDO LINOLÉNICO POR TRATAMIENTOS .....	52
TABLA 60: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO LINOLEICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	53
TABLA 61: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO LINOLEICO POR ACEITES	53
TABLA 62: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO LINOLEICO POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	54
TABLA 63: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO LINOLEICO POR NÚMERO DE FRITURAS .....	54
TABLA 64: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDO LINOLEICO POR TRATAMIENTOS .....	55
TABLA 65: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDOS GRASOS SATURADOS - SUMA DE CUADRADOS TIPO III.....	56
TABLA 69: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDOS GRASOS SATURADOS POR TRATAMIENTOS .....	57
TABLA 74: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS POR TRATAMIENTOS .....	58
TABLA 79: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS POR TRATAMIENTOS .....	59
TABLA 23: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO MIRÍSTICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	68



TABLA 24: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO MIRÍSTICO POR ACEITES	68
TABLA 25: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO MIRÍSTICO POR TEMPERATURA DE FRITURA	68
TABLA 26: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO MIRÍSTICO POR NÚMERO DE FRITURAS	69
TABLA 27: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDO MIRÍSTICO POR TRATAMIENTOS	69
TABLA 28: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO PALMÍTICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III	71
TABLA 29: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO PALMÍTICO POR ACEITES	71
TABLA 30: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO PALMÍTICO POR TEMPERATURA DE FRITURA	72
TABLA 31: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO PALMÍTICO POR NÚMERO DE FRITURAS	72
TABLA 32: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDO PALMÍTICO POR TRATAMIENTOS	72
TABLA 33: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACIDO HEPTADECANOICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III	74
TABLA 34: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDO HEPTADECANOICO POR ACEITES	74
TABLA 35: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDO HEPTADECANOICO POR TEMPERATURA DE FRITURA	75
TABLA 36: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDO HEPTADECANOICO POR NÚMERO DE FRITURAS	75
TABLA 37: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ACIDO HEPTADECANOICO POR TRATAMIENTOS	75
TABLA 38: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO ESTEÁRICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III	76
TABLA 39: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO ESTEÁRICO POR ACEITES	76
TABLA 40: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO ESTEÁRICO POR TEMPERATURA DE FRITURA	76
TABLA 41: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDO ESTEÁRICO POR TRATAMIENTOS	76

TABLA 42: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACIDO LIGNOCÉRICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	77
TABLA 43: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDO LIGNOCÉRICO POR ACEITE .....	77
TABLA 44: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDO LIGNOCÉRICO POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	77
TABLA 45: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDO LIGNOCÉRICO POR NÚMERO DE FRITURAS .....	77
TABLA 46: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ACIDO LIGNOCERICO POR TRATAMIENTOS .....	78
TABLA 47: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO PALMITOLEÍCO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	78
TABLA 48: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO PALMITOLEÍCO POR ACEITES .....	78
TABLA 49: GRUPOS HOMOGÉNEOS ÁCIDO PALMITOLEÍCO POR TRATAMIENTOS .....	79
TABLA 50: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDO OLEICO - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	79
TABLA 51: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO OLEICO POR ACEITES .....	80
TABLA 52: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO OLEICO POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	80
TABLA 53: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDO OLEICO POR NÚMERO DE FRITURAS .....	80
TABLA 54: GRUPOS HOMOGÉNEOS PARA ÁCIDO OLEICO POR TRATAMIENTOS .....	80
TABLA 66: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS SATURADOS POR ACEITES .....	81
TABLA 67: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS SATURADOS POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	81
TABLA 68: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS SATURADOS POR NÚMERO DE FRITURAS .....	81
TABLA 70: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS - SUMA DE CUADRADOS TIPO III.....	81
TABLA 71: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS POR ACEITES.....	82

TABLA 72: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	82
TABLA 73: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS POR NÚMERO DE FRITURAS .....	82
TABLA 75: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS - SUMA DE CUADRADOS TIPO III .....	83
TABLA 76: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS POR ACEITES .....	83
TABLA 77: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS POR TEMPERATURA DE FRITURA .....	83
TABLA 78: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS POR NÚMERO DE FRITURAS .....	83

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA GENERAL DE LOS TRIGLICÉRIDOS .....	5
FIGURA 2. ESTRUCTURA GENERAL DE UN ÁCIDO GRASO SATURADO .....	6
FIGURA 3. ESTRUCTURA GENERAL DE UN ÁCIDO GRASO INSATURADO .....	7
FIGURA 4. REACCIONES QUÍMICAS DURANTE LA FRITURA EN PROFUNDIDAD.....	11
FIGURA 5. TIPOS DE RANCIDEZ DE LÍPIDOS (HIDROLÍTICA Y OXIDATIVA) ..	12
FIGURA 6. MECANISMOS DE AUTOOXIDACIÓN .....	13
FIGURA 7. AUTOOXIDACION DEL ÁCIDO LINOLEÍCO.....	14
FIGURA 8. FASES DE LA OXIDACIÓN DE LÍPIDOS. ....	15
FIGURA 9. BALANZA, TERMÓMETRO INFRARROJO .....	19
FIGURA 10. PESADO DE LAS MUESTRAS DE PAPA.....	20
FIGURA 11. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE .....	20
FIGURA 12. MUESTRAS DE ACEITES PARA ANÁLISIS .....	21
FIGURA 13. MEDICIÓN ÍNDICE DE REFRACCIÓN .....	22
FIGURA 14. CROMATÓGRAFO DE GASES AGILENT TECHNOLOGIES.....	23
FIGURA 15. CROMATOGRAMA FAME MIX C8 –C22 .....	24
FIGURA 16. ÍNDICE DE PERÓXIDOS ACEITES CRUDOS. ....	32
FIGURA 17. ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN ACEITES CRUDOS.....	32
FIGURA 18. ÍNDICE DE ACIDEZ ACEITES CRUDOS.....	40
FIGURA 19. CROMATOGRAMA ACEITE DE SOYA ( <i>GLYCINE MAX</i> ).....	44
FIGURA 20. CROMATOGRAMA ACEITE DE CHIA ( <i>SALVIA HISPÁNICA</i> ).....	45
FIGURA 21. CROMATOGRAMA ACEITE DE AJONJOLI ( <i>SESAMUM INDICUM L.</i> )	45
FIGURA 22. RELACIÓN CONCENTRACIÓN ACIDO MIRÍSTICO EN LOS DIFERENTES ACEITES A DISTINTAS TEMPERATURAS. ....	70
FIGURA 23. RELACIÓN CONCENTRACIÓN ACIDO MIRÍSTICO EN LOS DIFERENTES ACEITES A DIFERENTES FRITURAS.....	70
FIGURA 24. RELACIÓN CONCENTRACIÓN ACIDO MIRÍSTICO A DIFERENTES TEMPERATURAS Y NUMERO DE FRITURAS.....	71
FIGURA 25. RELACIÓN CONCENTRACIÓN ACIDO PALMÍTICO EN LOS DIFERENTES ACEITES A DISTINTAS TEMPERATURAS. ....	73

FIGURA 26. RELACIÓN CONCENTRACIÓN ACIDO PALMÍTICO EN LOS  
DIFERENTES ACEITES A DISTINTAS FRITURAS..... 73

FIGURA 27. RELACIÓN CONCENTRACIÓN ACIDO PALMÍTICO A DISTINTAS  
TEMPERATURAS Y NUMERO DE FRITURAS..... 74

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería en Sistemas y Electrónica, por la oportunidad de crecer profesionalmente y obtener un logro basado en la Química.

A la Ing. Mónica Silva, por su preocupación y apoyo constante a este trabajo a través del Proyecto Canje de Deuda Ecuador – España HCU 0939-CU-P2016, siempre mantuvo su mano extendida.

Al Ing. Mario Álvarez, por su apoyo desinteresado, mostrando su compromiso de ayuda con miras al éxito del presente trabajo.

Al ing. Freddy Lema, por su apoyo y seguimiento durante el transcurso de la maestría y del presente estudio.

A mis docentes calificadores Lic. Gabriela Salazar Ph.D y Quím. Lander Pérez Mg, por su valioso tiempo y aporte profesional al presente trabajo.

A mi tutor de Tesis Msc. Manolo Córdova Suárez, por su guía, paciencia y apoyo.

## **DEDICATORIA**

A todas aquellas mentes que cada día se esfuerzan por comprender el funcionamiento de lo que nos rodea, y sobre todo, a los corazones que inspiran a intentarlo; sin dudarlos esos corazones en mi vida tienen dos nombres, Karen y Fátima.

Con todo mi aprecio,

Mario Danilo Villacrés Pérez.

“Más allá de las vicisitudes, está tu pasión en cumplir tus metas”.

El autor.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN QUÍMICA, MENCIÓN QUÍMICA - FÍSICA**

**TEMA:** “EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL NÚMERO DE FRITURAS SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DIFERENTES ACEITES COMESTIBLES”

**AUTOR:** Ingeniero, Mario Danilo Villacrés Pérez

**DIRECTOR:** Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Producción agro-alimentaria limpia

**FECHA:** Enero, 07 de 2022

### **RESUMEN EJECUTIVO**

En la actualidad, la fritura es un método común para preparar alimentos como papas fritas, snacks, entre otros; donde es indispensable el uso de aceites vegetales, ya que actúan como medio de transferencia de calor hacia el alimento a temperaturas de entre 150°C y 200°C, en el cual los distintos factores de este proceso, sumado a las características propias de los aceites pueden provocar transformaciones de los lípidos que le conforman, dando lugar a compuestos tóxicos, propios de mecanismos como oxidación e hidrolisis, que pueden afectar negativamente la salud del consumidor. Debido a esto, se propuso evaluar las características fisicoquímicas, el efecto de la temperatura de fritura en la acidez y el perfil de ácidos grasos a diferentes temperaturas y número de frituras de tres aceites comestibles de origen vegetal: Soya (*Glycine max*), Chía (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L; para lo cual se obtuvieron 21 muestras de aceite: 18 muestras provenientes de 3 procesos de fritura de papa (variedad free papa) (forma bastón), a temperaturas de 150 y 180°C; y 3 muestras de los aceites crudos. Estas muestras se analizaron en sus características físico-químicos antes y después de los procesos de fritura, resultando que el mejor tratamiento en cuanto al valor más bajo de índice de refracción e índice de peróxido fueron para el aceite de soya a 180°C, con promedios de 1,47053 y 2.54667 respectivamente. De manera similar, se determinó los cambios de acidez que presentaron los aceites a las condiciones de temperatura de fritura, obteniéndose como mejor tratamiento al aceite de soya a 150°C, con un valor de Índice de



acidez de 0,11. Finalmente, la determinación del perfil de ácidos grasos de cada aceite luego de los tratamientos de # de frituras y temperaturas de fritura, dieron como mejor tratamiento, en cuanto a un mayor % de ácidos grasos poliinsaturados para el aceite de Chía con un valor promedio de 50%, demostrándose además, que los factores # frituras y temperaturas afectan al perfil de ácidos de los aceites para las condiciones del presente estudio.

**Descriptores:** Fritura, aceites vegetales, temperatura, lípidos, oxidación, hidrólisis, Soya, Chía, Ajonjolí, ácidos grasos, índice de refracción, índice de peróxidos, índice de acidez.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN QUÍMICA, MENCIÓN QUÍMICA - FÍSICA**

**SUBJECT:** "EFFECT OF TEMPERATURE AND NUMBER OF FRYING ON THE FATTY ACID PROFILE OF DIFFERENT EDIBLE OILS".

**AUTHOR:** Ing. Mario Danilo Villacrés Pérez

**DIRECTOR:** Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

**LINE OF RESEARCH:** Clean agri-food production

**DATE:** January 7th, 2022

**EXECUTIVE SUMMARY**

Nowadays, frying is a common method to prepare foods such as French fries, snacks, among others; where the use of vegetable oils is indispensable, since they act as a means of heat transfer to the food at temperatures between 150°C and 200°C, in which the different factors of this process, added to the characteristics of the oils themselves can cause transformations of the lipids that make them up, giving rise to toxic compounds, typical of mechanisms such as oxidation and hydrolysis, which can negatively affect the health of the consumer. Because of this, it was proposed to evaluate the physicochemical characteristics, the effect of frying temperature on acidity, and the fatty acid profile at different temperatures and number of fryings of three edible oils of vegetable origin: Soybean (*Glycine max*), Chia (*Salvia hispanica*) and Sesame (*Sesamum indicum* L; for which 21 oil samples were obtained: 18 samples from 3 frying processes of potato (free potato variety) (stick form), at temperatures of 150 and 180°C; and 3 samples of the crude oils. These samples were analyzed for their physicochemical characteristics before and after the frying processes, resulting in the best treatment in terms of the lowest refractive index and peroxide value for the soybean oil at 180°C, with averages of 1.47053 and 2.54667, respectively. Similarly, the acidity changes presented by the oils at frying temperature conditions were determined, obtaining the best treatment for soybean oil at 150°C, with an acid index value of 0.11. Finally, the

determination of the fatty acid profile of each oil after the treatments of # of frying and frying temperatures, gave the best treatment, in terms of a higher % of polyunsaturated fatty acids for the Chia oil with an average value of 50%, demonstrating also that the factors # of frying and temperatures affect the acid profile of the oils for the conditions of this study.

**Descriptors:** Frying, vegetable oils, temperature, lipids, oxidation, hydrolysis, Soybean, Chia, Sesame, fatty acids, refractive index, peroxide index, acid index.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Introducción

La fritura es el uso principal de los aceites vegetales en la cocina. En esta forma de procesar los alimentos a altas temperaturas, el medio de transferencia de calor es precisamente el aceite, el que imparte sabor, apariencia y textura al alimento [1].

Durante la fritura, las altas temperaturas (150-180°C) y la presencia de agua, aceite y/o aire caliente causa varias transformaciones de los componentes de los alimentos durante el procesamiento: reacciones hidrolíticas y de interesterificación, pardeamiento enzimático y no enzimático, oxidación, degradación del aceite, formación de *flavor* (sensación olfativa gustativa producida por los compuestos químicos presentes en un alimento), degradación de los pigmentos naturales y formación de compuestos coloreados [2].

Los aceites vegetales debido a las altas temperaturas durante los procesos de fritura, sufren grandes alteraciones químicas como consecuencia de las reacciones de termooxidación, polimerización e hidrólisis que tienen lugar, impulsando así la formación de compuestos no deseados, alterando las características organolépticas y la calidad de los aceites [3].

El interés por las modificaciones que sufren las grasas de fritura durante el proceso de termooxidación y sus efectos nutricionales y toxicológicos está justificado por la creciente utilización de los procesos de fritura en la preparación de alimentos. Además es importante el estudio, ya que incluso las materias grasas desechadas luego de su uso en alimentación humana son destinados a la alimentación animal, lo que proporciona mayor relevancia a los distintos estudios en este tema [2].

Por tales razones, el presente trabajo tiene como objetivo realizar el estudio cromatográfico del perfil de ácidos grasos de los aceites comestibles de: Soya *Glycine max*, Chía *Salvia hispánica* y Ajonjolí *Sesamum indicum* L., (los tres son aceites de origen vegetal destinados para la alimentación humana), a distintas temperaturas de fritura y número de frituras, y

determinar su estabilidad y composición, conocimiento de vital importancia para la salud de los consumidores, en un producto de uso diario en los hogares del mundo.

## **1.2 Justificación:**

El interés por las modificaciones que sufren las grasas de fritura durante el proceso de termooxidación y sus efectos nutricionales y toxicológicos está justificado por la creciente utilización de los procesos de fritura en la preparación de alimentos. Además es importante el estudio, ya que muchos de los aceites utilizados en alimentación humano son destinados a la alimentación animal [2].

El proceso físico-químico de la fritura es complejo: el alimento a freír (papas, carne, pescado, etc) se introduce crudo o cocido en el aceite durante determinado tiempo a temperaturas entre 175-195°C, con lo cual se favorece a una rápida coagulación de las proteínas de la superficie del producto, provocando una casi impermeabilización del mismo, la que controla la pérdida de agua desde su interior, convirtiéndose en vapor [4].

Durante el proceso de fritura, el aceite interactúa con los materiales alimenticios y su hidrólisis, oxidación y polimerización son las reacciones químicas comunes que tienen lugar. Estas reacciones generan compuestos volátiles y no volátiles; la mayoría de los compuestos volátiles se evaporan a la atmósfera como vapor, mientras que los compuestos no volátiles reaccionan o son absorbidos por los alimentos fritos [5].

Cuando se supera los 180°C, se deteriora seriamente la composición química del aceite si éste es muy insaturado. Se forman productos de oxidación primarios y secundarios (por transformación de los ácidos grasos) que son potencialmente tóxicos cuando su consumo es agudo, y muy dañinos para la salud cuando se les ingiere en forma crónica [6].

En el mercado ecuatoriano existen tres tipos de aceites: los mono-insaturados, los poli-insaturados y los saturados. Los mono-insaturados son más saludables, luego le siguen los poli-insaturados y finalmente los saturados. El aceite mono-insaturado es el de oliva, los aceites poli-insaturados, como el de girasol, maíz y soya. Los aceites saturados son los de

palma y coco; el de palma, uno de los más económicos, está presente en varios de los aceites que se venden como mezclados [7].

La importancia de datos de composición de alimentos ha sido reconocida por la comunidad científica internacional. Una vida saludable depende de los nutrientes esenciales que generalmente son aportados por ellos. Este es el caso de los ácidos grasos esenciales, que por su naturaleza deben provenir de fuente exógena. Conocer el perfil de ácidos grasos de los lípidos de uso común es una necesidad desde el punto de vista epidemiológico. (Hernández, et. al, 1999).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar las características fisicoquímicas de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chía (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), el efecto de la temperatura de fritura en la acidez, y el perfil de ácidos grasos de los aceites a diferentes temperaturas y número de frituras.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar las características fisicoquímicas de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chica (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.).
- Evaluar los cambios de acidez de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chia (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a diferentes temperaturas de fritura.
- Estudiar el perfil de ácidos grasos de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chia (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a diferentes temperaturas de fritura y numero de frituras.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Aceites vegetales**

Los aceites de origen vegetal, son compuestos orgánicos obtenidos a partir de las semillas u otras partes de las plantas. Están compuestos por lípidos, es decir, ácidos grasos de diferentes tipos. La proporción de estos ácidos grasos y sus diferentes características, son las que dan las propiedades a los distintos aceites vegetales [8].

Una análisis previo deja de manifiesto la importancia de los aceites vegetales en los actuales momentos, pues hoy en día, estos son consumidos tanto crudos como en alimentos tras procesos de cocinado (fritura, asado, hornea). La utilización y consumo de estos aceites ha ido cambiando con el tiempo según distintos criterios como la facilidad de producción, utilidades culinarias y propiedades saludables; y cuyo uso en los hogares va en aumento. [3].

##### **2.1.1 Composición química de los aceites vegetales**

En cuanto a la composición química, de manera general, los aceites corresponden a los triglicéridos de origen vegetal, que contienen ácidos grasos insaturados mayoritariamente, por lo que son líquidos a temperatura ambiente (todos los aceites vegetales y de animales marinos) [4].

Los aceites están compuestos por triglicéridos, que representan entre el 95-99%, con algunos ácidos grasos libres, mono- y di-glicéridos y una serie de compuestos menores que representan entre el 0.5-1.5%, en su mayoría no-glicéridos, entre los que destacan fenoles, tocoferoles, clorofilas, alcoholes, esteroides, hidrocarburos y compuestos volátiles. Algunos de ellos van a ser determinante en la estabilidad oxidativa del aceite, actuando como prooxidantes o antioxidantes [3]

### 2.1.1.1 Triglicéridos

Químicamente, son los lípidos simples. En este ámbito, las grasas y aceites son triésteres de glicerol y ácidos carboxílicos de cadena larga, conocidos como triglicéridos o triacilglicéridos. Cuando una de estas moléculas se rompe, se obtiene glicerina y 3 ácidos grasos [9] (Figura 1).

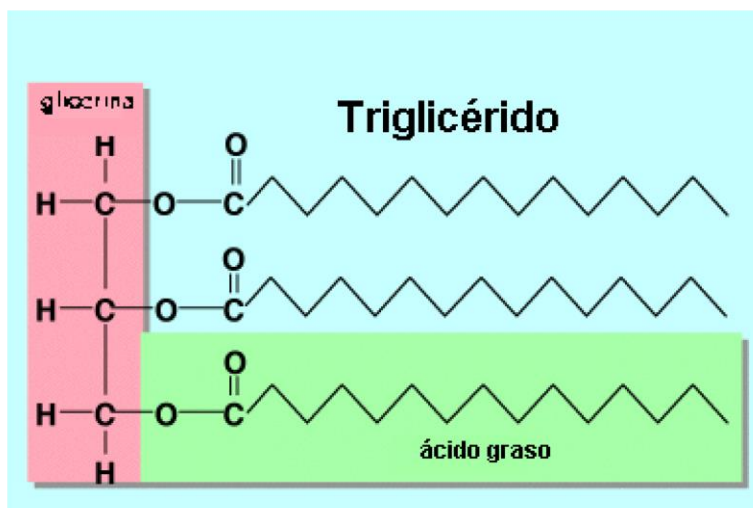


Figura 1. Estructura general de los triglicéridos [10]

### 2.1.1.2 Ácidos grasos

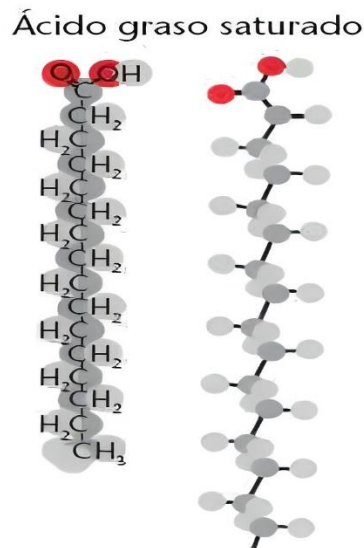
Los ácidos grasos son compuestos orgánicos que poseen una cadena hidrocarbonada larga que puede tener entre 4 y 36 átomos de carbono, cadena que no es ramificada (esa es una de sus peculiaridades) y un grupo carboxilo que contiene un grupo carbonilo (C=O) y un grupo hidroxilo (OH) juntos (la otra particularidad) [9]. Existen dos tipos principales de ácidos grasos: los saturados, que no poseen dobles enlaces, y los insaturados, que poseen uno o más dobles enlaces a lo largo de su cadena hidrocarbonada [9].

Los ácidos grasos comunes de la dieta están clasificados en tres grupos según el grado de insaturación: ácidos grasos saturados (SFA) (sin dobles enlaces), ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) (un doble enlace) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (2 o más dobles enlaces). Estos ácidos grasos poseen como características un número par de átomos de carbono y sin ramificaciones [11].



### 2.1.1.3 Ácidos grasos saturados (AGS)

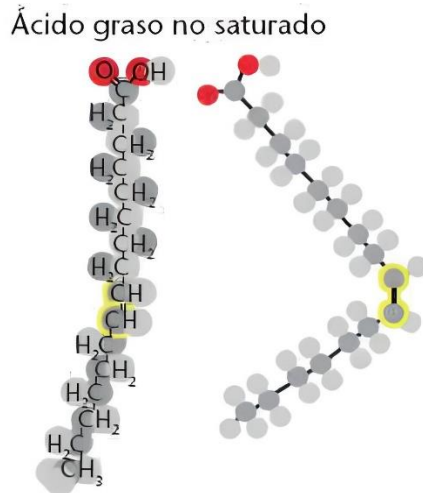
No contienen dobles enlaces, lo que les confiere una gran estabilidad y la característica de ser sólidos a temperatura ambiente. Los AGS predominan en los alimentos de origen animal, aunque también se encuentran en grandes cantidades en algunos alimentos de origen vegetal como los aceites de coco, palma y palmiste. El ácido esteárico es un ejemplo de AGS [12] (Figura 2) .



**Figura 2. Estructura general de un ácido graso saturado [13]**

### 2.1.1.4 Ácidos grasos insaturados (AGP)

Poseen dos o más dobles enlaces que pueden reaccionar con el oxígeno del aire, incrementando la posibilidad de enranciamiento (alteración que genera sabor desagradable) de la grasa. Los pescados y algunos alimentos de origen vegetal, como los aceites vegetales, líquidos a temperatura ambiente, son especialmente ricos en AGP. El ácido linoleico se encuentra en cantidades apreciables en el aceite de girasol. Desde el punto de vista nutricional son importantes los AGP de las familias omega-3 y omega-6, en los que el primer doble enlace está situado junto al tercer átomo de carbono o junto al sexto átomo de carbono, respectivamente [12]. (Figura 3).



**Figura 3. Estructura general de un ácido graso insaturado [13]**

### 2.1.2 Procesos de extracción de aceites vegetales.

Los aceites vegetales se extraen de semillas y frutos oleaginosos, tales como son el ajonjolí, maíz, girasol, palma, olivo, entre otros; mediante procesos de prensado o por solventes.

#### 2.1.2.1 Extracción por prensado

A partir de la semilla limpia, el primer paso es la molienda de la semilla, la cual se realiza con molinos. El objetivo de esta etapa es colapsar las estructuras vegetales para que el aceite sea liberado de la semilla. Según las características del aceite, se puede plantear o no el refinado en tanques especiales de acero inoxidable.

Luego, las semillas molidas pasan a un acondicionador donde se obtiene una masa homogénea. La masa pasa a una prensa de tornillo, que en un sólo paso prensa la masa separando el aceite y dejando lo que se conoce como "torta proteínica". Esta pasa a un tamiz vibratorio con el fin de proceder a una primera etapa de filtración de grandes impurezas; el tamizado pasa a un filtro del que se obtiene un filtrado crudo. La torta proteínica puede generar también una cantidad extra de aceite siendo sometida a extracción por solventes, o puede también destinarse a producir alimento equilibrado para animales [14].

### 2.1.2.2 Extracción por solventes

En este tipo de extracción, el solvente más utilizado es el hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) y consiste en triturar las semillas en forma de rodillo y homogeneizar éste, se corta el rodillo y cada parte se pone en un extractor en donde es sometido a la acción del hexano, el cual arrastra el aceite a un evaporador en donde es separado del disolvente, el cual regresa al extractor, obteniendo así el aceite de las semillas [15].

### 2.1.3 Aceite de Chía

*Salvia hispanica* L., especie originaria de Mesoamérica, con mayor diversidad genética presente en la vertiente del Océano Pacífico, con alta probabilidad que la semilla sea originaria de los territorios que actualmente ocupan la República Mexicana y Guatemala.

De todas las fuentes de ácido grasos Omega-3, sólo el lino (*Linum usitatissimum* L.) y la chía tienen su origen en cultivos agrícolas. Ambas son especies vegetales con la mayor concentración de ácido graso linolénico, ácido graso esencial y poliinsaturado. [16].

**Tabla 1: Composición de ácidos grasos en el aceite de Chía**

*Composición de Ácidos grasos en el aceite de Chía*

Ácido graso	Contenido en (%)
Palmítico	7,33 ± 0,17
Esteárico	3,57 ± 0,17
Oleico	7,10 ± 0,56
Linoleico	18,74 ± 0,20
Linolénico	63,26 ± 0,68

**Fuente: [17]**

### 2.1.4 Aceite de ajonjolí

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es considerado el cultivo de semillas oleaginosas más antiguo, se ha cultivado en Asia y África desde hace 2000 años aproximadamente. En el uso cotidiano, su aceite es utilizado en ensaladas y como aceite de condimento en la preparación

de otros alimentos. En la actualidad, las principales áreas de cultivo están en India, China, Ecuador, Honduras, Nicaragua y México [18].

Sus semillas están compuestas principalmente de proteínas, ácidos grasos insaturados, fibra, agua, lípidos totales, vitaminas y minerales, por lo que su valor nutritivo es muy alto; además de ser excelente fuente de energía.

Los principales compuestos del aceite de ajonjolí son los ácidos grasos insaturados (UFA), ~47% de ácido linoleico y ~37% de ácido oleico, los cuales son importantes en la alimentación humana por sus múltiples beneficios, por ejemplo que aumenta la función antiinflamatoria y exhibe actividad antimutagénica, por lo que se considera un aceite saludable [19].

**Tabla 2: Composición de ácidos grasos en el aceite de ajonjolí**

<b>Nombre del ácido graso</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Palmítico (C16:0)	12.83
Esteárico (C18:0)	4.90
Oleico (C18:1)	37.83
Linoleico (C18:2)	42.36
Linolénico (C18:3)	2.08

Fuente: [19]

### **2.1.5 Aceite de soya**

La soja, originaria del norte y centro de China, se constituye como un alimento milenario de los pueblos de Oriente. Desde el año 3000 A.C. los chinos ya la consideraban como una de las cinco semillas sagradas junto (arroz, trigo, cebada y el mijo). En la India inicio su consumo aproximadamente a partir del año 1735, y a partir de ahí se ha extendido su consumo al resto del mundo.

La soya es una legumbre arbustiva y frondosa, erecta y ramificada, con una altura que puede alcanzar los 2 m, su ciclo de vida varia de 80 hasta 200 días máximo. Es rica en nutrientes y proteínas, con pocas grasas saturadas y sin colesterol, por lo cual es un alimento saludable para el consumo humano [20].

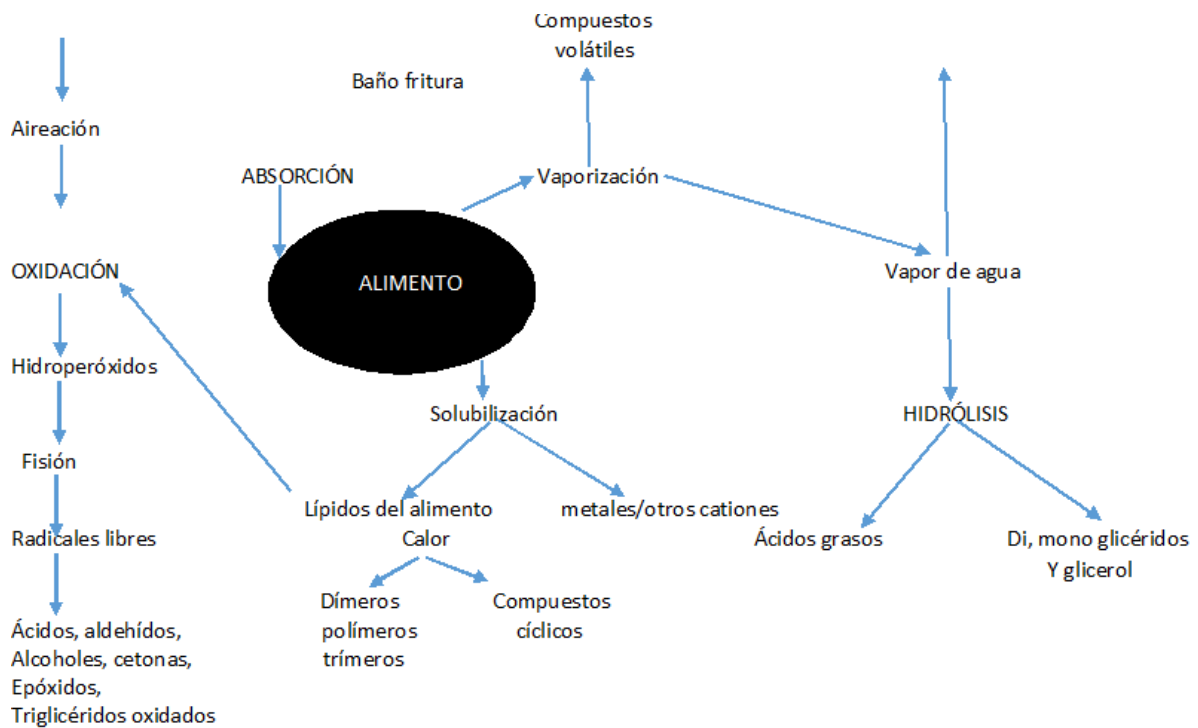
## **2.2 Degradación de los aceites vegetales durante el proceso de fritura**

Los aceites vegetales son considerados la materia prima indispensable en la industria de la fritura, dicha materia prima tiene como finalidad la cocción, mejorar la textura, coloración, aromas, o simplemente resaltar los atributos del alimento a fin de hacerlos más apetecibles al consumidor.

La fritura es el proceso de cocción de alimentos en aceite o grasa a temperaturas altas de entre 150-200°C (dependiendo de las condiciones de cocción), donde el aceite es el medio transmisor del calor produciendo el calentamiento rápido y uniforme en el alimento a preparar [21]. Durante este proceso, la grasa o el aceite sufren una serie de reacciones complejas, que pueden provocar la disminución de los componentes nutricionales e incrementar los tóxicos como polímeros y monómeros de ácidos grasos cíclicos y compuestos polares, que pueden ser fácilmente ingeridos a través del alimento frito [22].

En cuanto a los métodos de fritura, los más usados son:

- **Superficial o salteado:** Proceso llevado a cabo en un recipiente (sartén), donde parte del alimento queda fuera del baño fritura.
- **Profunda,** cuando el alimento queda totalmente sumergido en el aceite de fritura (freidoras). En este tipo de procesos, los aceites utilizados están expuestos a sufrir una serie de reacciones químicas (oxidación, hidrolíticas y polimerización), capaces de alterar la composición de los mismos y su calidad (Figura 4) [21].



**Figura 4. Reacciones químicas durante la fritura en profundidad (Juárez y Samán, 2017) [2]**

Durante el proceso de fritura se da una transferencia de aceite desde el medio hacia el alimento, y al mismo tiempo, una transferencia de humedad, grasa u otros componentes desde el alimento hacia el aceite, lo que acelera e incrementa su degradación [23].

En la degradación de los aceites pueden estar inmersos los siguientes factores: captación de oxígeno durante el calentamiento, cantidad excesiva de agua presente en el alimento a freír (deterioro hidrolítico), y la reacción de polimerización (reacción de la grasa consigo misma). Por sus características, algunos aceites tienden a degradarse más rápido, llevando a la aparición de compuestos volátiles que confieren sabores y aromas indeseables, además que conllevan a un acortamiento del tiempo de conservación de alimentos procesados con ellos. Por otra parte, como se ha mencionado anteriormente, la degradación de los aceites genera una gran diversidad de compuestos indeseables y tóxicos, muchos de los cuales presentan actividad carcinogénica [24]

### 2.3 Química del deterioro de aceites

Una vez iniciado el proceso de fritura, el aceite sufre una serie de cambios en los cuales paulatinamente pierde valor nutricional y se van formando moléculas que pueden ser perjudiciales para la salud. Entre los cambios químicos que se producen están:

**Hidrólisis:** Liberación de ácidos grasos debido a las altas temperaturas y la humedad proveniente del alimento [23]. El vapor de agua proveniente del alimento reacciona con los triglicéridos, liberando ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y glicerol [2] (Figura 5).

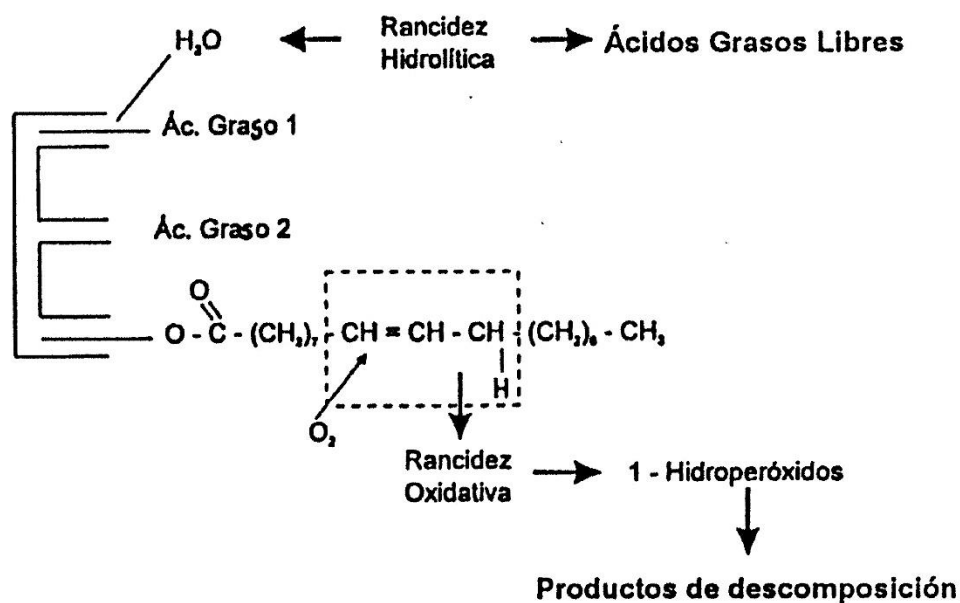
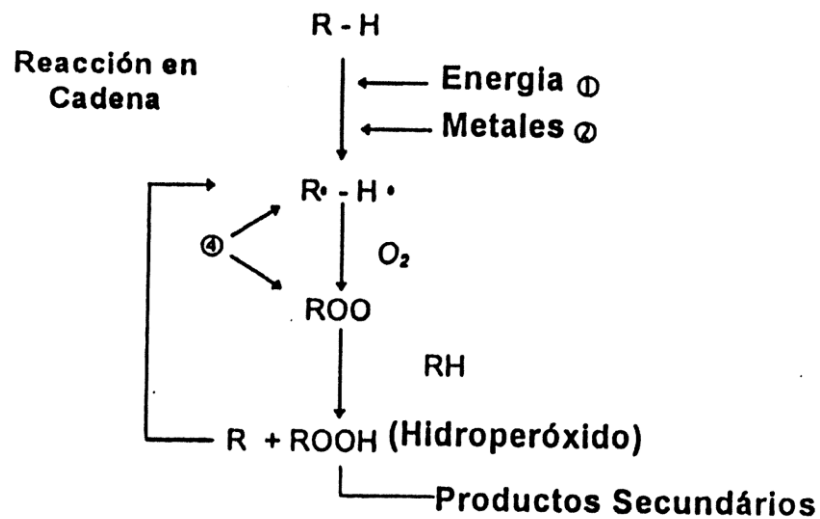


Figura 5. Tipos de Rancidez de lípidos (Hidrolítica y oxidativa) [25]

**Oxidación:** La oxidación de lípidos es considerada la causa más importante de deterioro en la composición química del aceite y su tasa influye en la vida útil de los alimentos fritos, al generar compuestos volátiles y no volátiles [6] (Figura 5).

**Autooxidación (rancidez oxidativa):** Es una reacción catalítica en cadena que consiste en la remoción de iones hidrógeno de los ácidos grasos poliinsaturados que pueden formar alrededor de 60 productos, muchos de los cuales son tóxicos [6].

Generalmente, la reacción es iniciada por iones metálicos o por energía térmica o luminosa, produciendo los primeros radicales libres ( $R^*$ ). Para evitar este proceso, la eliminación de metales (principalmente hierro y cobre) por agentes quelantes, como ácido cítrico, almacenamiento del aceite a bajas temperaturas, protección contra la luz, serán necesarios [25] (Figura 4) (figura 6 y 7).



**Figura 6. Mecanismos de autooxidación [25]**



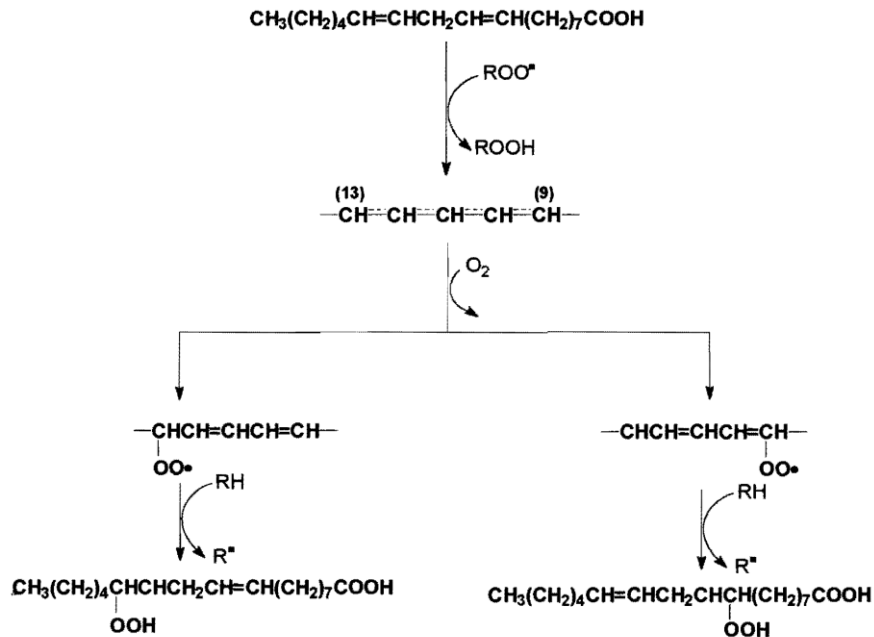
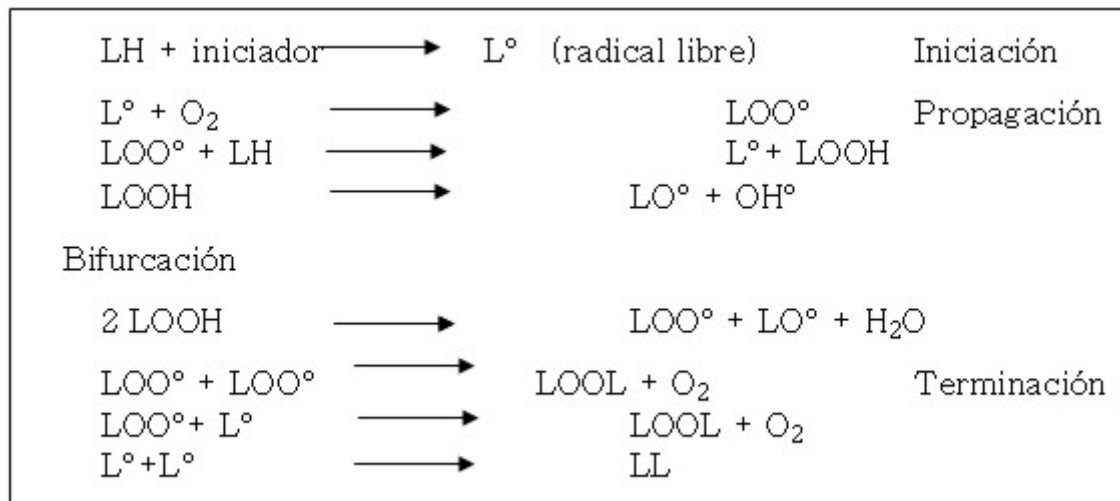


Figura 7. Autooxidación del ácido linoleico [26].

El oxígeno atmosférico reacciona con el aceite en la superficie de contacto y ataca a los dobles enlaces (ácidos grasos insaturados) y como consecuencia se pueden producir olores desagradables en los aceites; específicamente resulta en la formación de los productos primarios de la oxidación (peróxidos e hidroperóxidos) [25].

La oxidación es un conjunto de reacciones que abarcan tres fases (Figura 6), las cuales explican la gama de compuestos formados:

- **Iniciación:** consiste en la sustracción de un protón de un grupo metileno adyacente a un doble enlace, formando radicales libres.
- **Propagación:** los radicales libres formados en la fase de iniciación reaccionan con el oxígeno del aire formando peróxidos, los cuales reaccionan con otras moléculas insaturadas dando lugar a la formación de hidroperóxidos.
- **Terminación:** finalmente, se eliminan los radicales del sistema formando compuestos estables [2] (Figura 8).



**Figura 8. Fases de la oxidación de lípidos.**

**Polimerización:** Aquí se forman moléculas de alto peso molecular las cuales aumentan la viscosidad y espuma.

**Cambio de color:** Generalmente se produce por restos provenientes de los alimentos, o por la oxidación del mismo aceite con generación de compuestos no volátiles [27]. El uso de aceites de cocina ricos en ácidos grasos poliinsaturados en altas temperaturas en las frituras, genera altas concentraciones de productos de oxidación lipídica citotóxicos y genotóxicos [28].

## 2.4 Técnica de análisis más comúnmente empleadas en la detección de ácidos grasos

### Métodos de separación Cromatográficos

La cromatografía es una técnica versátil que se base en la separación de componentes de muestras simples o complejas a través de las interacción entre los componentes y dos fases, una conocida como fase estacionaria y otra como móvil, la misma es posible de ser acoplada con sistemas de detección que puedan aportar información sobre la identificación y cuantificación de las sustancias presentes en la muestra [29]. Es esencialmente un método de separación en el que los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una inmóvil (fase estacionaria), y otra móvil, la cual percola a través de la primera; es decir, se trata de una técnica o método físico de separación

de dos o más solutos presentes en una mezcla basada en la velocidad de desplazamiento de los mismos [30].

Por todas sus características, la cromatografía de gases se ha convertido en la herramienta más empleada en la separación, identificación y cuantificación de los ácidos grasos convertidos primero en metilesteres de ácidos grasos, cuya exactitud está limitada por la complejidad del proceso de calibración, la pureza de las sustancias empleadas como estándares, entre otros [31].

La unión GC-MS (cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas) es sumamente propicia, sinérgica, ya que los compuestos aptos para el análisis tanto por GC como por MS con impacto de electrones (EI, técnica de ionización de las moléculas más usada en GC-MS), son moléculas con temperaturas de ebullición, pesos moleculares o polaridades bajos o medianos, presentes en mezclas en el rango de concentraciones (ppb – ppm) similar para ambas técnicas; además su análisis transcurre en el mismo estado de agregación (fase vapor) [32].

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Equipos**

##### **Perfil de ácidos grasos**

Cromatógrafo de Gases acoplado a Detector de Masas Agilent Technologies 5977 GC/MSD.

#### **3.2 Materiales**

##### **Índice de acidez**

- Matraces Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> y 500 cm<sup>3</sup>.
- Buretas, graduadas con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup>.
- Balanza analítica, sensible a 0,1 mg.

##### **Índice de refracción**

- Refractómetro de Abbe. Provisto de un sistema regulador de temperatura (baño de agua) y debidamente calibrado.
- Fuente luminosa, con refractómetro usual, para el dispositivo de acromatismo, a la raya D de sodio.

##### **Índice de peróxidos**

- Pipeta de Mohr, de 1 cm<sup>3</sup> de capacidad.
- Matraz Erlenmeyer, de 250 cm<sup>3</sup> con tapa esmerilada.
- Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.

#### **3.3 Reactivos**

##### **Índice de acidez**

- Mezcla (1:1) de alcohol - éter.

- Solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio, debidamente estandarizada.
- Solución 0,5 N de hidróxido de sodio o de potasio, debidamente estandarizada.

### **Índice de peróxidos**

- Solución de ácido acético y cloroformo.
- Solución saturada de yoduro de potasio.
- Solución 0,1 N de tiosulfato de sodio, debidamente estandarizada.
- Solución de almidón.

## **3.4 Metodología**

### **3.4.1 Aceites empleados en el estudio:**

*Soya Glycine max,*

*Chía Salvia hispánica*

*Ajonjolí Sesamum indicum L.*

El aceite de Ajonjolí virgen se obtuvo por compra directa a una empresa local, dedicada a la producción de aceites esenciales.

El aceite de Chía virgen, se obtuvo por prensado en frío, de las semillas respectivas, cuya extracción la realizaron para una investigación previa.

El aceite de soya pertenece a una marca comercial de consumo masivo.

### 3.4.2 Procedimiento de fritura

Para la fritura se empleó una freidora doméstica con capacidad de 1000 ml de aceite, en la cual se colocaron 500 ml de aceite para los 3 procedimientos de fritura a cada una de las temperaturas (150°C y 180°C) y con cada aceite vegetal (Chía, Ajonjolí y soya).

Para cada fritura se utilizaron 100 gr de papa (variedad free papa), pesadas con una balanza digital de cocina (Figura 8).

Las temperaturas de fritura con cada aceite vegetal se realizaron a 150°C  $\pm$ 5°C y 180°C  $\pm$ 5°C, controladas con un termómetro digital infrarrojo (-50°C - 400°C) (figura 9).



**Figura 9. Balanza, termómetro infrarrojo**



**Figura 10. Pesado de las muestras de papa**



**Figura 11. Medición de la temperatura del aceite**

Cada fritura se realizó durante un tiempo de 5 minutos, medidos a partir de alcanzar la temperatura de estudio. No se adicionó aceite fresco.

Todos los procesos de fritura se realizaron hasta completar 3 frituras.

Después de cada fritura se tomaron 90 ml de aceite, colocados en envases plásticos opacos y sellados con tapas plásticas, rotulados con su respectiva codificación, obteniéndose en total 21 muestras de aceites para los respectivos análisis de laboratorio (Figura 12).



**Figura 12. Muestras de aceites para análisis**

### **3.4.3 Parámetros físico – químicos**

#### **Índice de peróxido**

Para la determinación del Índice de peróxido se utilizó el Método de análisis INEN 277: Se disolvió la muestra de aceite en ácido acético y cloroformo, luego se adicionó solución de yoduro de potasio saturado. El yodo liberado se determinó con solución valorada de tiosulfato de sodio. Finalmente el índice de peróxidos (IP) se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de aceite y se calculó mediante la fórmula siguiente [33]:

$$\text{Índice de peróxido} = V * M * 1000 / P$$

V: ml de solución valorada de tiosulfato de sodio, convenientemente corregido para tener en cuenta el ensayo en blanco;

M: molaridad exacta de la solución de tiosulfato de sodio

P: peso en gramos de la muestra.

#### **Índice de refracción**

Para esta determinación se utilizó el Método de análisis INEN 166, con la utilización del Refractómetro ABBE, para lo cual se colocó la muestra de aceite entre los prismas del refractómetro y se procedió con la lectura del índice de refracción a 20 °C [34] (Figura 13).





**Figura 13. Medición índice de refracción**

### **Índice de Acidez**

Para la determinación del índice de acidez, se utilizó el Método de análisis INEN 38, el cual se basa en la determinación de los ácidos libres en aceites vegetales, para lo cual se disuelve una cantidad determinada de grasa o aceite en una mezcla de alcohol etílico y éter dietílico, y se titulan los ácidos grasos libres con una solución de hidróxido de sodio [35].

$$\text{Acidez (ácido oleico \%)} = (V * C * M) / (10 * P)$$

V: volumen en ml de la solución valorada de hidróxido de sodio utilizada;

C: concentración exacta, en moles por litro de la solución de hidróxido de sodio utilizada;

M: peso molecular del ácido en que se expresa el resultado (ácido oleico = 282) y P: peso en gramos de la muestra utilizada.

### 3.4.4 Identificación de ácidos grasos

Para la identificación de los ácidos grasos se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B Gc System (Figura 14), acoplado a un detector de masas Agilent Technologies 5977A MSD. El método se basó en la metilación de los ácidos grasos del aceite y posterior separación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos por medio de una columna capilar Agilent Technologies Inc. 112-8867 (60 cm x 0,250 mm x 0.20  $\mu$ m), instalada en el cromatógrafo de gases. La identificación de los ácidos grasos se realizó por medio de un detector de masas Agilent Technologies 5977A MSD.



**Figura 14. Cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B Gc System**

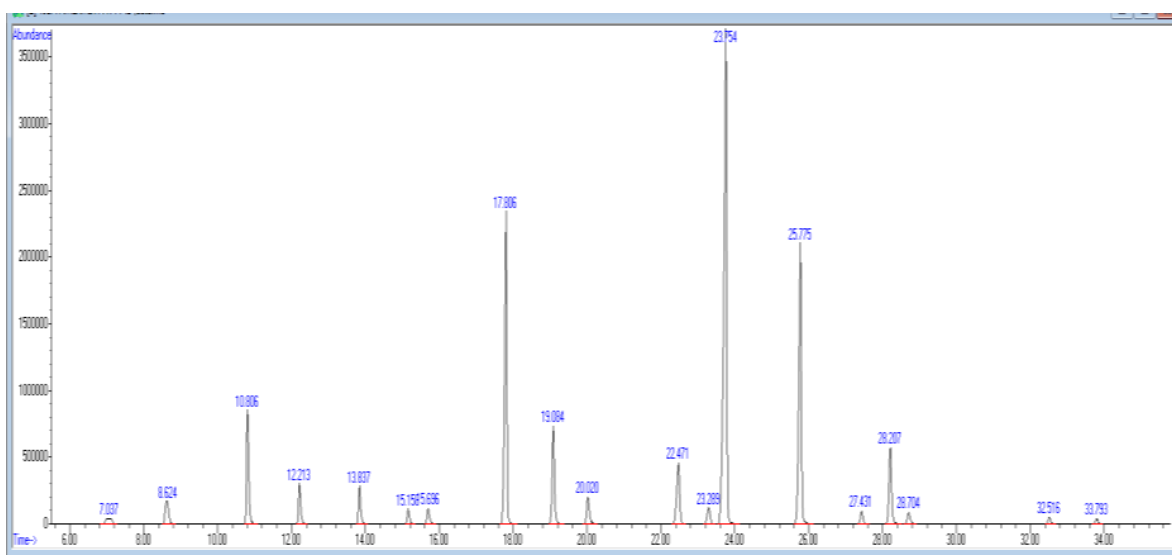
Se empleó una columna HP - 88 (60 metros/ 0,25 milímetros, 0,20 micras- con una rampa de calentamiento de 50 a 250/260°C) para conseguir el fraccionamiento requerido. Además del gas portador que fue Helio 99,999%, con flujo dentro de la columna de 1,4 ml/min. El volumen de inyección fue de 0,5  $\mu$ l con modo de inyección *splitless*. Para la identificación de los ácidos grasos de los aceites, los compuestos que son separados por el cromatógrafo de gases son transferidos al espectrómetro de masas por el gas portador (He), los cuales se fragmentan y solo aquellos que están en su naturaleza iónica son usados para identificación de los componentes y se analizan de manera cualitativa mediante la ayuda de una base de datos de la biblioteca NIST14.L. (Fig. 19) [36].

### 3.4.5. Cuantificación de ácidos grasos

La cuantificación de ácidos grasos presentes en las muestras de las muestras de aceites se determinó en base al cromatograma patrón (FAME MIX C8 –C22) (figura 15), utilizado como control de calidad para la elaboración del perfil lipídico. A continuación se identificaron los analitos presentes en el patrón de referencia mediante el análisis en el cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B GC System, acoplado a un detector de masa 5977A GC/MSD autosampler 7693.

El cromatograma de referencia (Figura 16) indicó los picos con sus respectivos tiempos de retención y porcentaje de área de cada metil éster que contiene la mezcla del patrón, a más de especificar el nombre del analito, #CAS y #Referencia identificado por la base de datos del Software GC/MSD Data Analysis.

Finalmente, el resultado cuantitativo de los ácidos grasos (% de ácido graso por cada 100 gr de aceite), se obtuvo por medio de la integración de las áreas de los picos resultantes del análisis cromatográfico y siguiendo la metodología del Laboratorio FEA [37]



**Figura 15. Cromatograma FAME MIX C8 –C22 [37]**

El método descrito, resultó válido debido a las condiciones y parámetros establecidos para los análisis de la presente investigación, en los cuales se garantiza que todos los componentes

hayan eluido, por lo tanto la suma de todos los compuestos sometidos a cromatografía es igual al 100%. Adicionalmente no se considera el factor de respuesta (Fr) debido a que se están analizando series homologas, las cuales deberían tener Fr similares, además, la identificación fue de tipo I (identificación directa con estándares).

### **3.5 Tipo de Investigación**

#### **3.5.1 Experimental.**

Para el proyecto de investigación se ejecutaron los métodos propuestos para cada uno de los parámetros a determinarse, pues con ello se obtuvo la información que permitió evaluar las características fisicoquímicas de los aceites y el efecto de la temperatura de fritura en la acidez. Similar caso para el estudio del perfil de ácidos grasos a diferentes temperaturas y número de frituras.

#### **3.5.2 Diseño experimental**

El trabajo de investigación se basó en la aplicación de un diseño factorial  $A \times B \times C$  con 3 réplicas, cuya variable respuesta fue la Acidez del aceite de fritura según metodología INEN 38 y el perfil de ácidos grasos utilizando el cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B Gc System.

#### **Respuestas experimentales de la fritura:**

- Acidez del aceite de fritura según metodología de análisis INEN 38, en % (ácido oleico).
- Perfil de ácidos grasos utilizando el cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B Gc System (Figura 11), acoplado a un detector de masas Agilent Technologies 5977A MSD.
- % de ácido graso por cada 100 gr de aceite, por medio de la integración de las áreas de los picos resultantes del análisis cromatográfico.

**Tabla 3: Variables y niveles de la investigación**

<b>variable</b>	<b>Niveles</b>
A: Tipo de aceite	a0: aceite de Soya a1: Aceite de Chía a2: Aceite de Ajonjolí
B: Temperatura de Fritura	b0: 150°C b1: 180°C
C: Numero de frituras	c0: primera fritura c1: segunda fritura c2: tercera fritura
	<b>n=3; N=54</b>

### **2.2.3. Enfoque**

El trabajo de investigación está bajo un enfoque Cuantitativo, ya que se evaluó el efecto de la temperatura de fritura en la acidez, y el perfil de ácidos grasos de los aceites a diferentes temperaturas y número de frituras a través de la medición de las variable respuesta y corroborando su veracidad mediante el diseño factorial  $A \times B \times C$ , usando el software Excel 2013.

### **3.6 Hipótesis**

#### **Hipótesis Nula**

La temperatura y número de frituras no incide sobre la acidez y perfil de ácidos grasos respectivamente.

#### **Hipótesis Alternativa**

La temperatura y número de frituras incide sobre la acidez y perfil de ácidos grasos respectivamente.

### **3.7 Descripción de variables.**

#### **Variables Independientes**

- Tipos de aceites
- Temperatura de fritura
- Numero de frituras

#### **Variables Dependientes**

- Índice de Acidez
- Perfil de ácidos grasos

### **3.8 Población y Muestra**

#### **Población: Tipos de aceites**

Para el proyecto investigativo se tuvo como población los siguientes aceites vegetales:

- Soya *Glycine max*,
- Chía *Salvia hispánica*
- Ajonjolí *Sesamum indicum L.*

#### **Muestra: aceites crudos y luego de cada Fritura (3 frituras) a 2 temperaturas (150 y 180°C)**

Se trabajó con los tres tipos de aceites crudos: Soya *Glycine max*, Chía *Salvia hispánica* y Ajonjolí *Sesamum indicum L.*, a 2 temperaturas (150 y 180°C) y 3 frituras. Cada muestra recolectada fue de 90 ml, en un total de 21 muestras (tabla 4).

				ENSAYOS				
				OBJETIVO 1	OBJETIVO 2	OBJETIVO 3		
MUESTRA				CODIFICACION	Índice de peróxido	Índice de refracción	Índice de acidez	Perfil de ácidos grasos
ACEITE DE SOYA				A0	X	X	X	X
ACEITE DE CHIA				A1	X	X	X	X
ACEITE DE AJONJOLI				A2	X	X	X	X
ACEITE DE SOYA	150°C	# fritura	1	a0b0c0	X	X	X	X
			2	a0b0c1				X
			3	a0b0c2				X
	180°C	# fritura	1	a0b1c0	X	X	X	X
			2	a0b1c1				X
			3	a0b1c2				X
ACEITE DE CHIA	150°C	# fritura	1	a1b0c0	X	X	X	X
			2	a1b0c1				X
			3	a1b0c2				X
	180°C	# fritura	1	a1b1c0	X	X	X	X
			2	a1b1c1				X
			3	a1b1c2				X
ACEITE DE AJONJOLI	150°C	# fritura	1	a2b0c0	X	X	X	X
			2	a2b0c1				X
			3	a2b0c2				X
	180°C	# fritura	1	a2b1c0	X	X	X	X
			2	a2b1c1				X
			3	a2b1c2				X
TOTAL MUESTRAS ANALISIS					9	9	9	21

**Tabla 4: Determinación del número de muestras para Análisis**

### 3.9 Procedimientos para la recolección de información

- La presente investigación está basada en trabajos similares detallados en artículos técnicos, revistas científicas de primer impacto y de trabajos similares, apoyándose con herramientas bibliográficas como Mendeley para poder realizar una base de datos confiable de las fuentes consultadas.
- La caracterización físico químico de los aceites permitió evaluar las características previas al proceso de fritura. Las distintas determinaciones de las muestras crudas y

de las muestras luego de los procesos de fritura a distintas temperaturas de los 3 aceites vegetales, se realizó en los laboratorios EcuChemLab de la ciudad de Quito, el cual se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE).

- c. Para la determinación del Índice de peróxido se utilizó el Método de análisis INEN 277, en 9 muestras de aceite: 3 para los aceites crudos y 6 correspondientes al tratamiento de cada aceite a 2 temperaturas de fritura (150°C y 180°C), obteniéndose como respuesta los miliequivalentes de oxígeno activo por kg de aceite (meq O<sub>2</sub>/Kg).
- d. Para la determinación del índice de Refracción se utilizó el Método de análisis INEN 166, en 9 muestras de aceite: 3 para los aceites crudos y 6 correspondientes al tratamiento de cada aceite a 2 temperaturas de fritura (150°C y 180°C).
- e. En la determinación del índice de acidez, se utilizó el Método de análisis INEN 38, en 9 muestras de aceite: 3 para los aceites crudos y 6 correspondientes al tratamiento de cada aceite a 2 temperaturas de fritura (150°C y 180°C), obteniendo como resultado % (ácido oleico).
- f. Para el estudio del perfil de ácidos grasos se utilizaron un total de 21 muestras: 3 correspondientes a los aceites crudos, y 18 a los tratamientos de 3 aceites, # de frituras (3) y 2 temperaturas (150 y 180°C). La identificación de los ácidos grasos se obtuvo por medio de un detector de masas Agilent Technologies 5977A MSD, acoplado a un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890B Gc System. Para finalizar, la cuantificación de los ácidos grasos (% de ácido graso por cada 100 gr de aceite), se obtuvo por medio de la integración de las áreas de los picos resultantes del análisis cromatográfico.

### **3.10 Procedimiento para el análisis de resultados**

Los resultados son expresados como el promedio  $\pm$  la desviación estándar, de las tres repeticiones del ensayo de frituras, a 2 temperaturas. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando la prueba t de student para muestras pareadas con el fin de evaluar las diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los promedios, usando Microsoft Excel 2013 y Statgraphics Centurion XV.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **4.1 Análisis de las características fisicoquímicas de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chía (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*).**

Debido a la importancia económica y sobre la salud que tienen los aceites comestibles, es imprescindible conocer las características físicas y químicas de los mismos, ya que una de las causas de muerte principales son los problemas cardiovasculares causados por la mala calidad de los aceites comestibles [38]. En el presente trabajo de investigación, se analizaron el índice de peróxidos y el índice de refracción como parámetros iniciales. El índice de peróxido determina el estado inicial de oxidación del aceite, es un factor que se emplea para determinar la calidad del aceite, ya que una variación de este índice indica una adulteración del aceite.

De manera similar, el índice de refracción cuenta con valores establecidos por las normas internacionales para las diferentes clases de aceites vegetales.

En la presente investigación se realizó el análisis de los parámetros físico químicos de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chía (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) crudos, para posteriormente analizar los cambios producidos por el factor temperatura y número de frituras. Los tres son aceites comestibles de origen vegetal, los dos últimos se seleccionaron por su calidad en cuanto al contenido de AGPI, y se obtuvieron en investigaciones previas a este estudio, donde evaluaron principalmente su estabilidad oxidativa. El primero se seleccionó ya que se constituye en uno de los aceites comestibles comerciales más consumidos.

ACEITES CRUDOS		Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> /Kg)	Índice de refracción
a0	SOYA	2,28±0,25	1,000±0,03
a1	CHIA	3,31±0,17	1,479±0,06
a2	AJONJOLI	4,89±0,19	1,4715±0,06

\*Nota: Promedio de 3 muestras y la incertidumbre se muestra como desviación estándar.

**Tabla 5: Resultados promedios de los parámetros físico químicos muestras crudas.**

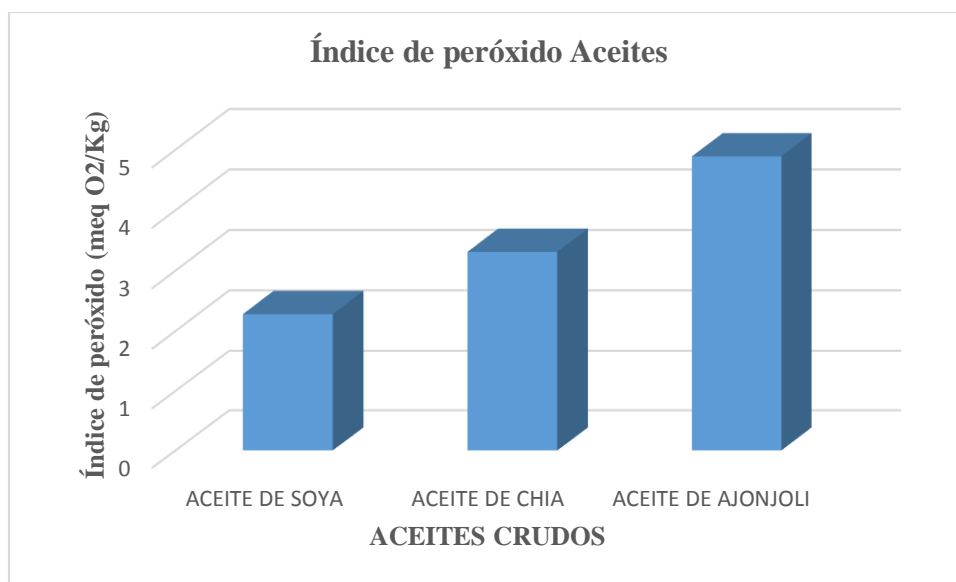
En la tabla 5, se muestran los resultados de los parámetros físicos químicos de los 3 aceites crudos. Para el caso del aceite de soya, el índice de peróxido muestra un valor 2,28±0,25 (meq O<sub>2</sub>/Kg), 1,000±0,03 de índice de refracción, los cuales se encuentran dentro de las recomendaciones de la norma Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 33:1973, que establece un valor máximo de 1,476 de índice de refracción (No disponible índice de peróxido en dicha norma).

Si se compara con la Norma CODEX ALIMENTARIUS (norma internacional para aceites vegetales especificados CXS 210-1999) [39], que establece como valor máximo de Índice de peróxidos de 10 (meq O<sub>2</sub>/Kg) para aceites refinados, el aceite de soya utilizado en el estudio cumple con las normas para aceites comestibles.

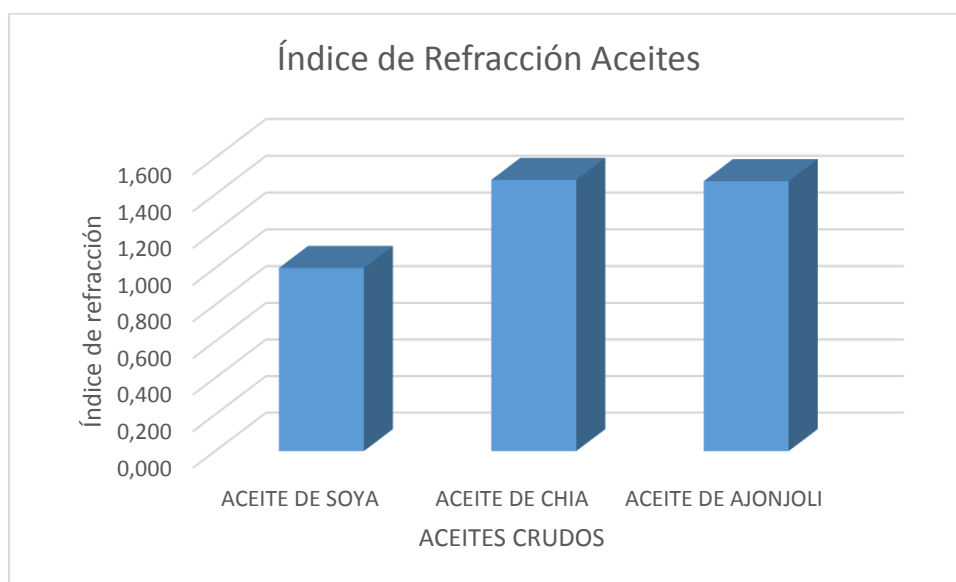
Los resultados obtenidos para el Índice de peróxido (meq O<sub>2</sub>/Kg) e índice de refracción para el aceite de Chía fueron de 3,31±0,17 y 1,479±0,06 respectivamente, que comparados con las normas mencionadas anteriormente (índice de peróxido máximo 10,00 e índice de refracción de 1,4685), resultan en que el aceite de Chía utilizado fue de buena calidad como aceite comestible, valor similar a la que llegaron en un estudio para la evaluación de la estabilidad oxidativa del aceite de Chía [37], donde se obtuvieron un valor de 3,460 ±0,159 para el índice de peróxido.

Para el caso del aceite de ajonjolí, los resultados fueron: 4,89±0,19 y 1,4715±0,06, para índice de peróxido e índice de refracción respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos en de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 8:2012 [40], que indica los siguientes valores máximos: índice de peróxido 10,00 e índice de refracción 1,4744.

De los datos físico químicos analizados, arrojan para este caso de estudio, al aceite de soya (marca comercial), como el que posee las mejores características para el consumo humano, debido a las mejores condiciones de conservación, pues hay que tomar en cuenta, que para el caso de los aceites de ajonjolí y Chía, las muestras provenían de una extracción directa sin procesamiento de conservación de por medio. Cabe recalcar que el ser extraídos directamente no implica que no puedan ser consumidos de tal manera (Figuras16-17).



**Figura 16. Índice de Peróxidos aceites crudos.**



**Figura 17. Índice de Refracción en aceites crudos.**

Tratamientos		Índice de refracción	Índice de peróxido
a0b0	Soya, 150 °C	1,4715±0,00012 a	2,55±0,0208 a
a0b1	Soya, 180 °C	1,4705±0,00015 a	3,56±0,0529 b
a1b0	Chía, 150 °C	1,4705±0,00015 a	4,07±0,0100 c
a1b1	Chía, 180 °C	1,4785±0,0005 b	3,60±0,1732 b
a2b0	Ajonjolí, 150 °C	1,4710±0,0001 a	5,88±0,0208 e
a2b1	Ajonjolí, 180 °C	1,47150±0,00218 c	5,57±0,0265 d

\*Nota: Letras diferentes en columnas significa diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ )

**Tabla 6: Cambios de las características fisicoquímicas del aceite de soya, chía y ajonjolí a diferentes temperaturas de frituras**

En la tabla 6, se presenta los resultados obtenidos en el análisis estadístico (ANOVA) en los parámetros Índice de refracción, índice de peróxido de los 3 aceites (Soya, Chía y Ajonjolí) a las 2 temperaturas de fritura (150°C, 180°C).

Para el aceite de soya, en el índice de refracción e índice de peróxido se obtuvieron los siguientes resultados a 180°C: 1,4705±0,00015; 3,56±0,0529. Para el caso del índice de refracción no existe diferencia significativa, por lo que se deduce que no hubo efecto de la temperatura de fritura sobre este parámetro a un nivel de confianza del 95%. Para el índice de peróxido se presenta diferencia significativa, por lo que la temperatura si afecto a este parámetro.

En el trabajo realizado por (Taipicaña, 2015) [1] , donde realizaron un estudio comparativo del grado de estabilidad del aceite de unguahua (*Oenocarpus bataua*) con otros aceites en la fritura, entre ellos el de soya, analizaron la estabilidad de los aceites a diferentes tiempos y numero de frituras, obtuvieron para los parámetros físico químicos los siguientes valores para índice de refracción, índice de peróxido 1,4743; 11,13; los que difieren en cierto grado en el último parámetro, probablemente a que en este estudio no se tomó en cuenta la temperatura como factor. En otra investigación (López, et. Al, 2009) [24], en donde evaluaron la degradación de aceites vegetales en dos procesos de elaboración de frituras a 180°C, para el caso del aceite de soya, obtuvieron para el parámetros IP un resultado de 0,8; aunque difiere

del obtenidos en esta investigación, demuestra una clara tendencia a incrementarse con el tiempo de fritura. En otra investigación (Bombón, 2021) [41], donde determinaron los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura, se obtuvo como resultado del IR e IP para el aceite de soya valores cercanos de  $1,470 \pm 0,001$  y  $5,453 \pm 2,713$ , respectivamente.

Para el caso del aceite de Chía, los resultados para IR e IP a  $180^{\circ}\text{C}$  fueron:  $1,4785 \pm 0,0005$ ;  $3,60 \pm 0,1732$ , que de acuerdo al análisis estadístico, para los parámetros IR e IP, existe diferencia significativa a un 95% de confianza, por lo que la temperatura de fritura afecta a estos 2 parámetros. En el estudio realizado (Acosta, 2015) [42], donde caracterizaron el aceite de Chía, obtuvieron valores no muy similares (0,95; 1,474), debido a que se utilizó aceites frescos recién extraídos sin tratamientos de frituras.

Para el aceite Ajonjolí, los resultados para IR e IP a  $180^{\circ}\text{C}$  fueron de  $1,5570 \pm 0,00265$ ,  $5,57 \pm 0,0265$  respectivamente, los cuales muestran diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, es decir la temperatura de fritura si influye en estos parámetros en este aceite, aunque en los parámetros peróxido se observa una disminución.

**Tabla 7: Análisis de Varianza para ÍNDICE DE REFRACCIÓN - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TIPO DE ACEITE	0,0068368	2	0,0034184	3117,40	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,0043183	1	0,0043183	3938,06	0,0000
C:RÉPLICAS	0,00000368111	2	0,00000184056	1,68	0,2352
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0068716	2	0,0034358	3133,27	0,0000
RESIDUOS	0,0000109656	10	0,00000109656		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0180414	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En cuanto a los resultados de los análisis estadísticos, los valores obtenidos de los índices de refracción de las muestras sometidas al proceso de fritura a 2 temperaturas, al realizar el

análisis de varianza que se encuentran reportados en la Tabla 7, presentan diferencia significativa entre los 2 factores (Aceites y Temperatura) y en la interacción doble.

Al aplicar la prueba de Tukey para el factor A (Tabla 8), se determina que el valor menor es para el aceite de soya con un índice promedio de 1,4703. Para el factor B (Tabla 9), la temperatura ideal para la fritura en este estudio es de 150°C con un valor de 1,47102.

Para el caso de la interacción entre los factores AB (Tabla 10) los niveles más bajos son a0b1 (Aceite de soya a 180°C), a1b0 (Aceite de Chía a 150°C) y el tratamiento a2b0 (Ajonjolí a 150°C), con promedios 1,47053 y 1,471 respectivamente.

**Tabla 8: Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE REFRACCIÓN por TIPO DE ACEITE**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TIPO DE ACEITE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0	6	1,47103	0,000427504	x
a1	6	1,4745	0,000427504	x
a2	6	1,4715	0,000427504	x

**Tabla 9: Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE REFRACCIÓN por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b0	9	1,47102	0,000349055	x
b1	9	1,502	0,000349055	x

**Tabla 10: Grupos homogéneos para ÍNDICE DE REFRACCIÓN por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0b1	3	1,47053	0,000604581	a
a1b0	3	1,47053	0,000604581	a
a2b0	3	1,471	0,000604581	a
a0b0	3	1,47153	0,000604581	a
a1b1	3	1,47847	0,000604581	b
a2b1	3	1,557	0,000604581	c

En el análisis de varianza para los índices de peróxidos (Tabla 11), se obtuvo que para el tipo de aceite, así como para la interacción (Aceite y temperatura) hubo diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%; caso contrario al factor temperatura donde no existió diferencia significativa.

Al realizar la prueba Tukey para el factor Tipo de aceite (Tabla 12), se obtuvo al Aceite de Soya, con menor valor de índice de peróxido, con un valor promedio de 3,0533.

Al analizar la interacción doble, mediante Tukey (Tabla 13), el mejor resultado se obtuvo el aceite de Soya a 150°C y 180°C, seguido del de Chía a 180°C, con valores promedios de 2,54667; 3,56 y 3,6 respectivamente.

**Tabla 11: Análisis de Varianza para ÍNDICE DE PERÓXIDO - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TIPO DE ACEITE	22,6114	2	11,3057	1965,45	<b>0,0000</b>
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,0280056	1	0,0280056	4,87	0,0519
C:RÉPLICAS	0,0114111	2	0,00570556	0,99	0,4046
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	1,98468	2	0,992339	172,51	<b>0,0000</b>
RESIDUOS	0,0575222	10	0,00575222		
TOTAL (CORREGIDO)	24,693	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 12: Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE PERÓXIDO por TIPO DE ACEITE**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TIPO DE ACEITE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0	6	3,05333	0,0309629	X
a1	6	3,835	0,0309629	X
a2	6	5,72333	0,0309629	X

**Tabla 13: Grupos homogéneos para ÍNDICE DE PERÓXIDO por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0b0	3	2,54667	0,0437882	a
a0b1	3	3,56	0,0437882	b
a1b1	3	3,6	0,0437882	b
a1b0	3	4,07	0,0437882	c
a2b1	3	5,57	0,0437882	d
a2b0	3	5,87667	0,0437882	e

#### **4.2. Evaluación de los cambios de acidez de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chía (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) a diferentes temperaturas de fritura.**

El análisis y evaluación del índice de acidez en los aceites comestibles es importante para determinar su calidad, pues un índice de acidez alto indica la presencia de una cantidad elevada de ácidos libres y estos son los causantes del enranciamiento, por lo que en el presente estudio fue importante evaluar los cambios en este parámetro que sufren los aceites a diferentes temperaturas de fritura, condiciones típicas del hogar, donde la fritura es algo cotidiano, con temperaturas mínimas a partir de 150°C. Los resultados obtenidos y analizados estadísticamente muestran diferencias significativas en los aceites de Soya y Ajonjolí, lo que demuestra que el factor temperatura influye sobre el índice de acidez, ya que sumado la presencia de agua proveniente en este caso de la papa, favorecen la reacción de hidrólisis de los triglicéridos aumentando la cantidad ácidos grasos libres [43], disminuyendo la estabilidad del aceite, lo cual se debe tomar en cuenta desde el punto de vista salud. Caso contrario sucedió en el caso del aceite de Chía, que mostro mayor estabilidad, pues el análisis estadístico muestra que no hubo significancia en los cambios de acidez a las temperaturas de estudio, debido a una menor concentración de ácidos grasos libres presentes para iniciar una reacción de hidrolisis [44].



**Tabla 14: Cambios del Índice de acidez aceite de soya, chía y ajonjolí a diferentes temperaturas de fritura.**

Tratamientos		Índice de acidez
<b>a0b0</b>	Soya, 150 °C	0,05±0,0100 a
<b>a0b1</b>	Soya, 180 °C	0,11±0,0100 b
<b>a1b0</b>	Chía, 150 °C	0,27±0,0153 c
<b>a1b1</b>	Chía, 180 °C	0,26±0,0100 c
<b>a2b0</b>	Ajonjolí, 150 °C	0,38±0,0115 d
<b>a2b1</b>	Ajonjolí, 180 °C	0,29±0,0115 c

Nota: Letras diferentes en columnas significa diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ )

En la tabla 14, se presenta los resultados obtenidos en el análisis estadístico (ANOVA) en el parámetro índice de acidez de los 3 aceites (Soya, Chía y Ajonjolí) a las 2 temperaturas de fritura de fritura (150°C, 180°C).

Para el aceite de soya en el índice de acidez se obtuvo el siguiente resultado a 180°C: 0,11±0,0100. Para el índice de acidez, se presenta diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, por lo que la temperatura si afecto a este parámetro.

En el trabajo realizado por (Taipicaña, 2015) [1], obtuvieron para el índice de acidez un valor de 0,409, el que difiere del presente trabajo, debido a que en la investigación mencionada también se tomó en cuenta los tiempos de fritura. En otra investigación (López, et. Al, 2009) [24], para el caso del aceite de soya, obtuvieron de IA un resultado de 0,23, aunque difiere del obtenido en esta investigación, demuestran una clara tendencia a incrementarse con el tiempo de fritura. En la investigación (Bombón, 2021) [41], se obtuvo como resultado un valor superior al obtenido en el presente estudio de IA para el aceite de soya, con un valor promedio de 0,496±0.318.

Para el caso del aceite de Chía, los resultados IA a 180°C fue de 0,26±0,0100, que de acuerdo al análisis estadístico a un nivel de confianza del 95% no existe diferencia significativa, por lo que no se vio afectada por la temperatura de fritura. Los resultados de estos parámetros físico químicos son cercanos a los encontrados en la investigación (Ixtaina, 2010) [45] donde caracterizaron el aceite de Chía de distintos lugares.

Para el aceite Ajonjolí, los resultados IA a 180°C fue de  $0,29 \pm 0,0115$ , respectivamente, el cual muestran diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, es decir la temperatura de fritura si influye en el IA del aceite de Ajonjolí. De acuerdo al trabajo de (Talavera y Correa, 2019) [46] obtuvieron valores similares de acidez de 0,25. En el estudio de (Cortez y Sánchez, 2017) [47], sus resultados fueron para la acidez de 0,57, valor no muy cercano al presente estudio, debido a que la investigación no se realizó en condiciones de fritura.

**Tabla 15: Resultados promedios de Índice de acidez para muestras crudas y a distintas temperaturas.**

TRATAMIENTO	CODIFICACION	Índice de acidez (% ácido oleico)
ACEITE DE SOYA	A0	$0,11 \pm 0,02$
ACEITE DE CHIA	A1	$0,26 \pm 0,02$
ACEITE DE AJONJOLI	A2	$0,39 \pm 0,03$
ACEITE DE SOYA 150°C	a0b0	$0,05 \pm 0,0100$
ACEITE DE SOYA 180°C	a0b1	$0,11 \pm 0,0100$
ACEITE DE CHIA 150°C	a1b0	$0,27 \pm 0,0153$
ACEITE DE CHIA 180°C	a1b1	$0,26 \pm 0,0100$
ACEITE DE AJONJOLI 150°C	a2b0	$0,38 \pm 0,0115$
ACEITE DE AJONJOLI 180°C	a2b1	$0,29 \pm 0,0115$

\*Nota: Promedio de 3 muestras y la incertidumbre se muestra como desviación estándar.

La tabla 15, muestra los resultados obtenidos en el Índice de acidez (% ácido oleico) de los aceites antes y después del proceso de fritura por 5 minutos a 2 temperaturas distintas (150 y 180°C). Los resultados antes de los procesos de fritura fueron:

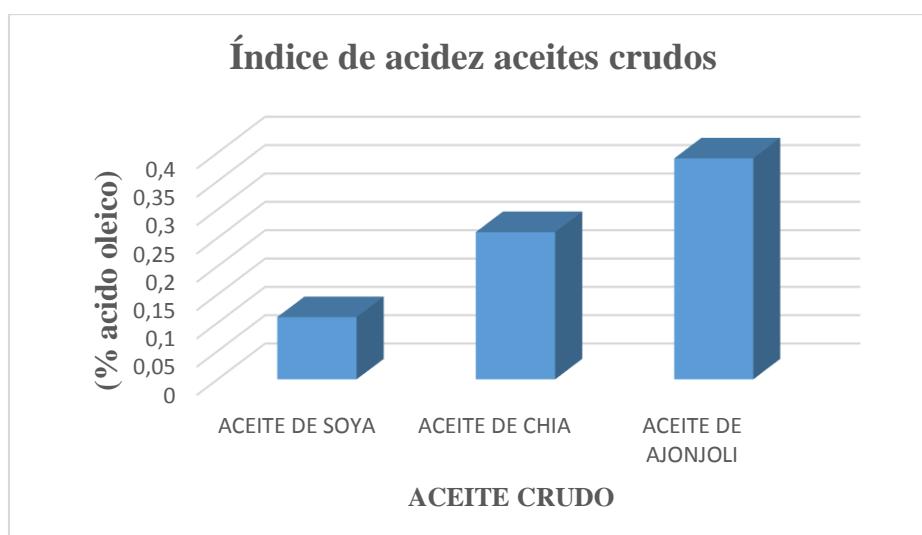
Para los aceites crudos fueron:  $0,11 \pm 0,02$ ;  $0,26 \pm 0,02$  y  $0,39 \pm 0,03$ , para el aceite de Soya, Chía y Ajonjolí respectivamente, mostrando mejor calidad el aceite de soya comercial, pues muestra el menor valor para este parámetro.

En cuanto al aceite de soya, el índice de acidez ( $0,11 \pm 0,02$  % ácido oleico) se encuentra dentro de las recomendaciones de la norma Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 33:1973,

que establece un valor máximo de 0,2 de índice de acidez, por lo que para este caso de estudio, el aceite comercial de soya usado es apto para el consumo.

Para el aceite de Chía, el índice de acidez obtenido fue de  $0,26 \pm 0,02$  (% ácido oleico); que comparado con la norma Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 8:2012 (norma técnica para el aceite de ajonjolí, valor máximo de % ácido oleico 0,20), resultan en que el aceite utilizado supera ligeramente el límite descrito, muy probablemente por el tiempo que estuvo almacenado el aceite de Chía por las razones antes mencionadas. Sin embargo, en el estudio de [48] donde Evaluaron las características fisicoquímicas, toxicidad aguda y del efecto hipolipemiente del aceite de las semillas de *Salvia hispánica* L. (chía), obtuvieron un valor del índice de acidez de 0,52, el cual a pesar de ser extraído y analizado inmediatamente arrojó un valor incluso superior al obtenido en esta investigación.

Para el aceite de ajonjolí, el resultado de índice de acidez fue de  $0,39 \pm 0,03$ , valor que supera al de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 8:2012 [49], que indica un índice de acidez máximo de 0,20; por lo tanto no cumple con dicha especificación. Datos similares obtuvo el trabajo de (Carvajal y Cortez, 2017) [47], cuyo valor de índice de acidez fue de  $0,57 \pm 0,01$ . De los datos de acidez determinados para los 3 aceites crudos, arrojan para este caso de estudio, al aceite de soya (marca comercial), como el de mejor calidad, en cuanto al índice de acidez (Figura 18).



**Figura 18. Índice de acidez aceites crudos.**

Los valores de índice de acidez (% ácido oleico) después de las frituras a 150°C y 180°C fueron: 0,05±0,0100 y 0,11±0,0100 para el aceite de soya; 0,27±0,0153 y 0,26±0,0100 para el aceite de Chía; y, 0,38±0,0115 y 0,29±0,0115 para el aceite de ajonjolí, cuyos resultados se sometieron a análisis estadístico (ANOVA).

**Tabla 16: Análisis de Varianza para ÍNDICE DE ACIDEZ - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TIPO DE ACEITE	0,203233	2	0,101617	743,54	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,000672222	1	0,000672222	4,92	0,0509
C:RÉPLICAS	0,000233333	2	0,000116667	0,85	0,4547
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0169444	2	0,00847222	61,99	0,0000
RESIDUOS	0,00136667	10	0,000136667		
TOTAL (CORREGIDO)	0,22245	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla 16, muestra los siguientes resultados para el IA tomando en cuenta los factores tipo de aceite y Temperatura de frituras, resultando que existe diferencia significativa a un 95% de confianza para el tipo de aceite y la interacción AB., es decir, existe diferencia en el IA entre los tipos de aceites (Soya, Chía y ajonjolí), y además, también existe diferencia significativa en la interacción entre el tipo de aceite y la temperatura de fritura (150 y 180°C).

Al realizar la prueba Tukey (Tabla 17) para el tipo de aceite, se demuestra que el aceite más estable fue el de Soya, con valor medio de 0,08.

**Tabla 17: Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE ACIDEZ por TIPO DE ACEITE**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TIPO DE ACEITE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0	6	0,08	0,00477261	X
a1	6	0,263333	0,00477261	X
a2	6	0,331667	0,00477261	X

En la prueba Tukey para las Interacciones (Tipo de aceite y temperatura de fritura) (Tabla 18), se obtuvo como mejor tratamiento al aceite de Soya a 150 y 180°C, con valores promedio de IA de 0,11 y 0,26; resultados debido a que el aceite de Soya seleccionado pertenece a una marca comercial, por lo que es refinado, proceso en el cual los aceites son sometidos a diversos procesos como el blanqueo y desodorización, que mejoran la estabilidad oxidativa del aceite (Zapata, 2004) [17], a diferencia de los aceites de Chía y ajonjolí, los cuales no fueron refinados, lo que influye en su estabilidad.

**Tabla 18: Grupos homogéneos para ÍNDICE DE ACIDEZ por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0b0	3	0,05	0,00674949	a
a0b1	3	0,11	0,00674949	b
a1b1	3	0,26	0,00674949	c
a1b0	3	0,266667	0,00674949	c
a2b1	3	0,286667	0,00674949	c
a2b0	3	0,376667	0,00674949	d

**4.3. Estudio del perfil de ácidos grasos de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chia (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a diferentes temperaturas de fritura y número de frituras.**

**Tabla 19: Perfil ácidos grasos de los aceites crudos**

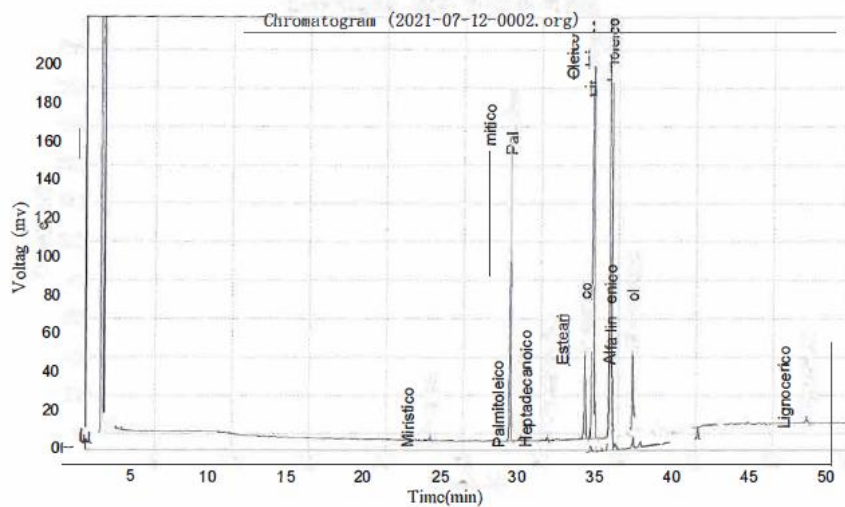
		©Ácido Graso	Aceite de soya	Aceite de chía	Aceite de ajonjolí
<b>ACIDOS SATURADOS (AGS) (%)</b>	<b>GRASOS</b>	Ácido Mirístico	C14:0 0,10±0,01	0,05±0,01	0,02±0,01
		Ácido Palmítico	C16:0 11,63±0,11	7,49±0,19	8,76±0,32
		Ácido Heptadecanoico	C17:0 0,09±0,04	0,05±0,01	0,05±0,01
		Ácido Esteárico	C18:0 4,60±0,50	4,09±0,05	5,11±0,62
		Ácido lignocérico	C24:0 0,26±0,03	0,10±0,02	0,10±0,01
<b>ACIDOS MONOINSATURADOS (AGM) (%)</b>	<b>GRASOS</b>	Ácido Palmitolcico	C16:1 -	-	0,10±0,02
Ácido Oleico (Cis-9)		C18:1 26,96±0,51	9,03±0,32	35,24±0,30	
<b>ACIDOS POLIINSATURADOS (AGPI) (%)</b>	<b>GRASOS</b>	Ácido Linoleíco	C18:2 51,02±1,27	20,59±0,79	50,24±0,75
		Ácido Linolénico	C18:3 5,26±0,33	58,38±0,72	0,38±0,08
<b>AGS-TOTAL</b>			16,67±0,36	11,77±0,25	14,04±0,93
<b>AGM-TOTAL</b>			26,96±0,51	9,03±0,32	35,33±0,31
<b>AGPI-TOTAL</b>			56,28±1,18	78,98±1,49	50,62±0,81

Con el uso del cromatógrafo de gas, se identificó la presencia de 9 ácidos grasos en cada uno de los aceites utilizados luego de los tratamientos de frituras y temperaturas: ácido mirístico, ácido palmítico, ácido Heptadecanoico, ácido esteárico, ácido lignocérico, ácido Palmitolcico, ácido oleico, ácido linoleíco y ácido linolénico (Tabla 19) (Figuras 19, 20, 21).

# PERFIL 14029a - a0

Date/Time: 2021-08-02, 8:55:29  
Data File: C:\N2000\data\perfil\2021-07-12-0002.org  
Method File: C:\N2000\data\perfil\P-21-08-02.mtd

Analyst: Semanate  
Date/Time: 2021-08-02, 9:00:15  
Quantification: Area/Area%



## Results

**Figura 19. Cromatograma aceite de soya (*Glycine max*)**

PERFIL - 14029b - a1

Date/Time: 12/7/2021, 12:28:48  
Data File: C:\N2000\data\perfil\2021-07-12-0003.org

Analyst: Semanate  
Date/Time: 2/8/2021, 9:20:21  
Quantification: Area/Area%

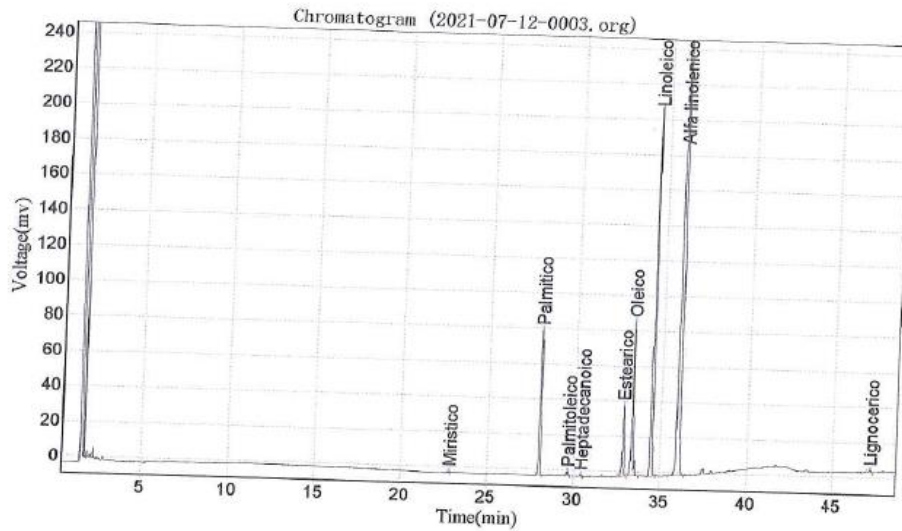


Figura 20. Cromatograma aceite de Chia (*Salvia hispanica*)

PERFIL - 14029c - a2

Date/Time: 2021-07-12, 13:27:55  
Data File: C:\N2000\data\perfil\2021-07-12-0004.org

Analyst: Semanate  
Date/Time: 2021-08-02, 9:29:57  
Quantification: Area/Area%

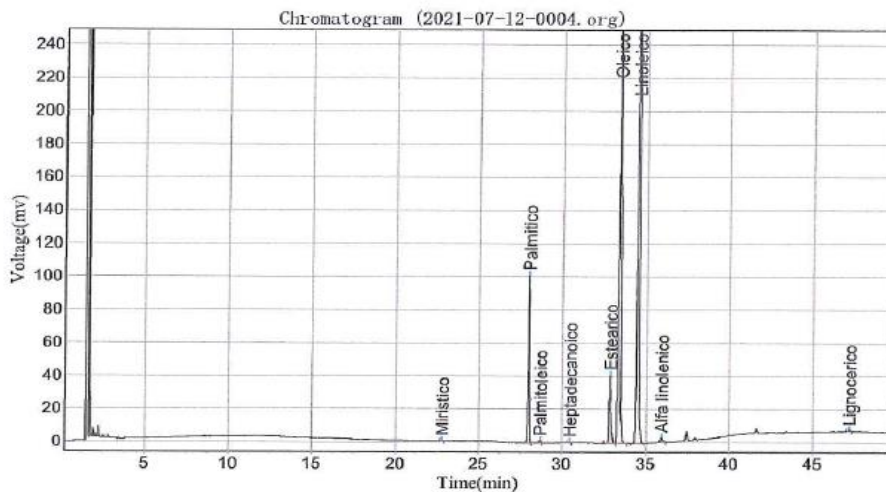


Figura 21. Cromatograma aceite de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.)



De acuerdo a los resultados reportados en la Tabla 19 del perfil de ácidos grasos para los 3 aceites, el de Soya utilizado presenta  $16,67\pm 0,36\%$  de AGS (ácidos grasos saturados),  $26,96\pm 0,51\%$  de AGM (Ácidos grasos monoinsaturados) y  $56,28\pm 1,18\%$  de AGPI (Ácidos grasos poliinsaturados). Encontrándose un  $5,26\pm 0,33\%$  en ácido Linolénico (C18:3;  $\omega$ -3) y  $51,02\pm 1,27\%$  en ácido Linoleico (ácido graso predominante), similares a los resultados de (Ayodeji, et.al 2016) [5] que reporta  $6,93\%$  y  $56,1\%$  respectivamente.

Para el caso del aceite de Chía, los resultados son de  $11,77\pm 0,25\%$  de AGS;  $9,03\pm 0,32\%$  de ácido de AGM y  $78,98\pm 1,49\%$  por AGPI. Se encontró un  $58,38\pm 0,72\%$  en ácido Linolénico (C18:3;  $\omega$ -3) (ácido graso predominante), resultado cercano al de (Cortez y Sánchez, 2017) [47] que reportan un valor de  $63,49\%$ , caso similar a los reportados por Villanueva et al. (2017) [17]  $63,26\%$ , Bodoira (2017)  $61,8\%$  y Guayta (2021)  $65,55\pm 0,09\%$ .

La composición de ácidos grasos del aceite de ajonjolí es de  $14,04\pm 0,93\%$  de AGS,  $35,33\pm 0,31\%$  de AGM y un  $50,62\pm 0,81\%$  por AGPI, datos similares a (Cortez y Sánchez, 2017) [47] donde obtuvieron resultados de  $12,48\%$ ,  $39,38\%$  y un  $47,664\%$ , respectivamente. Se encontró que el ácido graso predominante en el aceite de ajonjolí corresponde al ácido linoleico (C18:2;  $\omega$ -6), con un  $50,24\pm 0,75\%$ , valor cercano al obtenido por (Cortez y Sanchez, 2017) [47].

De acuerdo a estos resultados, podemos establecer que el aceite de Chía, es el más saludable respecto a la cantidad de AGPI, que corresponde a un valor de  $78,98\pm 1,49\%$ , sobre todo por la presencia de en ácido Linolénico (C18:3;  $\omega$ -3) con  $58,38\pm 0,72\%$ , pues varios estudios han mostrado que evita fallos cardiovasculares, disminuye la presión sanguínea en hipertensos y los niveles de triglicéridos y colesterol en la sangre (Ramírez, 2009) [50]. El aceite comercial de soya se ubica en segundo lugar de acuerdo al % de AGPI con un  $56,28\pm 1,18\%$ , y por último el aceite de Ajonjolí con un valor de  $50,62\pm 0,81\%$ .

**Tabla 20: Resumen análisis perfil de ácidos grasos aceite de soya con tratamientos (Temperatura y # frituras)**

	©Ácido Graso		a0b0c0	a0b0c1	a0b0c2	a0b1c0	a0b1c1	a0b1c2
<b>ACIDOS GRASOS SATURADOS (%)</b>	Ácido Mirístico	<b>C14:0</b>	0,09±0,02	0,12±0,01	0,1±0,01	0,11±0,02	0,1±0,01	0,11±0,01
	Ácido Palmítico	<b>C16:0</b>	11,67±0,16	12,45±0,01	11,61±0,02	11,64±0,04	11,55±0,03	12,41±0,01
	Ácido Heptadecanoico	<b>C17:0</b>	0,09±0,01	0,12±0,02	0,08±0,01	0,08±0,02	0,11±0,02	0,2±0,02
	Ácido Estearico	<b>C18:0</b>	4,61±0,01	5,03±0,02	4,62±0,01	4,56±0,02	4,61±0,03	4,87±0,05
	Ácido lignocérico	<b>C24:0</b>	0,28±0,02	0,29±0,02	0,26±0,03	0,23±0,03	0,24±0,02	0,29±0,02
<b>ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS (%)</b>	Ácido Palmitolcico	<b>C16:1</b>	0,07±0,01	0,09±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,09±0,01
	Ácido Oleico (Cis-9)	<b>C18:1</b>	26,93±0,06	28,37±0,02	26,99±0,03	26,88±0,03	27±0,26	28,52±0,04
<b>ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (%)</b>	Ácido Linoleico	<b>C18:2</b>	51,02±0,04	44,49±0,01	51,21±0,03	51,12±0,02	51,22±0,03	48,15±0,03
	Ácido Linolénico	<b>C18:3</b>	5,23±0,01	9,06±0,02	5,05±0,01	5,31±0,02	5,09±0,03	5,48±0,02
	<b>AGS-TOTAL</b>		16,74±0,17	18±0,03	16,67±0,04	16,62±0,03	16,61±0,06	17,88±0,04
	<b>AGM-TOTAL</b>		27±0,06	28,45±0,02	27,07±0,04	26,95±0,03	27,07±0,27	28,61±0,05
	<b>AGPI-TOTAL</b>		56,25±0,04	53,56±0,02	56,26±0,02	56,42±0,03	56,31±0,05	53,63±0,03

**Tabla 21: Resumen análisis perfil de ácidos grasos aceite de Chía con tratamientos (Temperatura y # frituras)**

©Ácido Graso		a1b0c0	a1b0c1	a1b0c2	a1b1c0	a1b1c1	a1b1c2	
ACIDOS GRASOS SATURADOS (%)	Ácido Mirístico	<b>C14:</b> <b>0</b>	0,05±0,0 0,1±0,01	0,06±0,0 2	0,05±0,0 1	0,06±0,0 1	0,06±0,0 1	
	Ácido Palmítico	<b>C16:</b> <b>0</b>	11,67±0,0 26	7,53±0,0 7	8,56±0,0 5	7,57±0,2 7,6±0,16	7,57±0,2 2	
	Ácido Heptadecanoico	<b>C17:</b> <b>0</b>	0,09±0,0 1	0,05±0,0 1	0,05±0,0 1	0,06±0,0 1	0,05±0,0 2	0,06±0,0 1
	Ácido Esteárico	<b>C18:</b> <b>0</b>	4,61±0,0 3	4,14±0,0 4	4,17±0,0 2	4,11±0,0 7	4,19±0,0 2	4,16±0,0 5
	Ácido lignocerico	<b>C24:</b> <b>0</b>	0,28±0,0 2	0,12±0,0 2	0,19±0,0 2	0,08±0,0 3	0,11±0,0 3	0,15±0,0 5
ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS (%)	Ácido Palmitolcico	<b>C16:</b> <b>1</b>	0,08±0,0 1	0,05±0,0 1	0,06±0,0 1	0,05±0,0 1	0,06±0,0 2	0,06±0,0 2
	Ácido Oleico (Cis-9)	<b>C18:</b> <b>1</b>	27,03±0,0 02	9,07±0,0 3	9,78±0,0 4	9,28±0,2 9,1±0,11	9,22±0,2 3	9,22±0,2 1
ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (%)	Ácido Linoleíco	<b>C18:</b> <b>2</b>	20,63±0,0 09	20,62±0,0 02	20,27±0,0 04	20,64±0,0 35	20,94±0,0 02	20,84±0,0 03
	Ácido Linolénico	<b>C18:</b> <b>3</b>	58,45±0,0 28	58,36±0,0 1	56,85±0,0 06	58,3±0,6 1	57,74±0,0 05	57,88±0,0 03
AGS-TOTAL			16,73±0,0 28	11,88±0,0 07	13,02±0,0 09	11,9±0,1	11,98±0,0 17	11,99±0,0 12
AGM-TOTAL			27,11±0,0 03	9,12±0,0 3	9,84±0,0 4	9,15±0,1 1	9,34±0,2 2	9,28±0,1 9
AGPI-TOTAL			79,08±0,0 34	78,97±0,0 1	77,12±0,0 11	78,94±0,0 34	78,68±0,0 04	78,72±0,0 03

**Tabla 22: Resumen análisis perfil de ácidos grasos aceite de Ajonjolí con tratamientos (Temperatura y # frituras)**

	©Ácido Graso	a2b0c0	a2b0c1	a2b0c2	a2b1c0	a2b1c1	a2b1c2
<b>ACIDOS GRASOS SATURADOS (%)</b>	Ácido Mirístico	<b>C14:0</b>	0±0	0,02±0,01	0,02±0,01	0±0	0±0
	Ácido Palmítico	<b>C16:0</b>	8,82±0,35	8,86±0,23	8,9±0,17	8,75±0,15	8,95±0,13
	Ácido Heptadecanoico	<b>C17:0</b>	0,05±0,01	0,05±0,02	0,05±0,02	0,05±0,02	0,07±0,02
	Ácido Esteárico	<b>C18:0</b>	5,11±0,3	5,1±0,02	5,09±0,03	5,16±0,04	5,1±0,04
	Ácido lignocérico	<b>C24:0</b>	0,1±0,01	0,12±0,03	0,1±0,01	0,11±0,01	0,11±0,01
<b>ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS (%)</b>	Ácido Palmitolcico	<b>C16:1</b>	0,1±0,02	0,11±0,03	0,11±0,03	0,11±0,03	0,1±0,04
	Ácido Oleico (Cis-9)	<b>C18:1</b>	35,27±0,04	35,06±0,74	35,15±0,68	35,14±0,7	35,21±0,66
<b>ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (%)</b>	Ácido Linoleico	<b>C18:2</b>	50,18±0,9	50,39±0,6	50,32±0,33	50,41±0,28	50,21±0,07
	Ácido Linolénico	<b>C18:3</b>	0,36±0,04	0,31±0,03	0,28±0,01	0,26±0,01	0,25±0,01
	<b>AGS-TOTAL</b>		14,08±0,08	14,16±0,24	14,17±0,18	14,07±0,14	14,23±0,15
	<b>AGM-TOTAL</b>		35,37±0,05	35,17±0,77	35,26±0,71	35,25±0,72	35,31±0,7
	<b>AGPI-TOTAL</b>		50,54±0,94	50,71±0,57	50,6±0,33	50,67±0,27	50,46±0,07

Las tablas 20, 21 y 22 muestran los datos promedios de las determinaciones del perfil de ácidos grasos con los tratamientos # frituras (c0, c1 y c2) y temperatura de fritura (150 y 180°C), los cuales muestran un comportamiento uniforme durante los procesos de fritura, efecto que es más arraigado en el aceite de ajonjolí, debido a que de acuerdo a (Cortez y Sánchez, 2017) [47], contiene una sustancia fenólica llamada sesamol (potente antioxidante natural) que en conjunto a trazas de tocoferoles otorgan resistencia a la Rancidez Oxidativa más que los otros aceites vegetales.

A continuación se analizan los resultados de las pruebas estadísticas (ANOVA y Tukey), para el contenido de AGPI, pues es un indicativo de la calidad de los aceites y al mismo tiempo de ser susceptibles a la degradación por las condiciones de fritura.

**Tabla 55. Análisis de Varianza para Ácido Linolénico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	36385,4	2	18192,7	725871,35	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	1,92667	1	1,92667	76,87	0,0000
C:NÚMERO DE FRITURAS	6,342	2	3,171	126,52	0,0000
D:RÉPLICAS	0,0893815	2	0,0446907	1,78	0,1835
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	4,12848	2	2,06424	82,36	0,0000
AC	9,93356	4	2,48339	99,08	0,0000
BC	9,96803	2	4,98402	198,86	0,0000
ABC	10,2292	4	2,55729	102,03	0,0000
RESIDUOS	0,852152	34	0,0250633		
TOTAL (CORREGIDO)	36428,9	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En los resultados mostrados en la Tabla 55 (ANOVA), se determina que a un nivel de confianza del 95% existen diferencias significativas en el contenido de Ácido linolénico (C18:3;  $\omega$ -3), tanto en los factores (Tipos de aceites, # frituras y temperatura de fritura), como en sus interacciones (Aceites -Temperatura; Aceites – Frituras; Temperatura – Frituras) y también en la interacción triple (Aceite - # fritura – Temperatura), por lo que los tratamientos de tipos de aceite, # de fritura y temperatura de fritura, afectan a la concentración de ácido linolénico.

**Tabla 56: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Linolénico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	18	0,285556	0,0373149	X
a0	18	5,86944	0,0373149	X
a1	18	57,9294	0,0373149	X

En la prueba Tukey para el factor Tipo de Aceite (tabla 56), se determina a un nivel de confianza del 95%, que el Aceite de Chía posee la mayor concentración de Ácido linolénico (C18:3;  $\omega$ -3), con un valor promedio de 57,9294%, seguido del aceite de soya con 5,86944%, y soya con 0,285556%.

**Tabla 57: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Linolénico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	21,1726	0,0304675	X
b0	27	21,5504	0,0304675	X

En cuanto al parámetro temperatura, de acuerdo a la prueba Tukey (tabla 57), el mejor tratamiento se da a 150°C, con un promedio de ácido linolénico de 21,5504

**Tabla 58: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Linolénico por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c2	18	20,965	0,0373149	X
c0	18	21,3183	0,0373149	X
c1	18	21,8011	0,0373149	X

En la tabla 58, se puede determinar que el mejor tratamiento para el número de frituras lo es a 2 frituras, con un promedio de ácido linolénico de 21,8011%.

**Tabla 59: Grupos Homogéneos para Ácido Linolénico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2b1c2	3	0,243333	0,0914026	X	g
a2b1c1	3	0,246667	0,0914026	X	g
a2b1c0	3	0,263333	0,0914026	X	g
a2b0c2	3	0,283333	0,0914026	X	g
a2b0c1	3	0,313333	0,0914026	X	g
a2b0c0	3	0,363333	0,0914026	X	g
a0b0c2	3	5,05	0,0914026	X	f
a0b1c1	3	5,08667	0,0914026	X	f
a0b0c0	3	5,22667	0,0914026	X	f
a0b1c0	3	5,30667	0,0914026	X	f
a0b1c2	3	5,48333	0,0914026	X	f
a0b0c1	3	9,06333	0,0914026	X	e
a1b0c2	3	56,8467	0,0914026	X	d
a1b1c1	3	57,74	0,0914026	X	c
a1b1c2	3	57,8833	0,0914026	XX	bc
a1b1c0	3	58,3	0,0914026	XX	ab
a1b0c1	3	58,3567	0,0914026	XX	ab
a1b0c0	3	58,45	0,0914026	X	a

Finalmente, en la tabla 59, se determina con un nivel de confianza del 95%, el mejor tratamiento y por ende el aceite más estable a lo largo de los tratamientos de número de frituras y temperaturas corresponde al de Chía a 1 fritura a 150°C, que es donde permanece una mayor concentración de ácido oleico con un valor promedio de 58,45%.

**Tabla 60: Análisis de Varianza para Ácido Linoleico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	10270,5	2	5135,25	46962,12	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	3,40005	1	3,40005	31,09	0,0000
C:NÚMERO DE FRITURAS	9,38414	2	4,69207	42,91	0,0000
D:RÉPLICAS	0,406411	2	0,203206	1,86	0,1714
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	4,06757	2	2,03379	18,60	0,0000
AC	21,9526	4	5,48814	50,19	0,0000
BC	23,8312	2	11,9156	108,97	0,0000
ABC	51,4755	4	12,8689	117,69	0,0000
RESIDUOS	3,71786	34	0,109349		
TOTAL (CORREGIDO)	10388,7	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Los resultados (ANOVA) de la tabla 60 muestran a un nivel de confianza del 95%, que existe diferencia significativa en cada uno de los factores y sus interacciones en cuanto % de ácido linoleico.

**Tabla 61: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Linoleico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1	18	20,6561	0,0779418	X
a0	18	49,535	0,0779418	X
a2	18	50,2739	0,0779418	X

En la tabla 61, se puede identificar en cuanto al factor Tipo de aceite, como mejor tratamiento al aceite de Ajonjolí, con valor promedio de 50,2739% de ácido linoleico, seguido del de Soya y ajonjolí con valores de 49,535% y 20,6561% respectivamente.



**Tabla 62: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Linoleico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b0	27	39,9041	0,0636392	X
b1	27	40,4059	0,0636392	X

Para el factor temperatura de acuerdo a la prueba Tukey, en la tabla 62 se reporta como mejor tratamiento a los 180°C, con un promedio de 40,4059% de ácido linoleico.

**Tabla 63: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Linoleico por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	39,6456	0,0779418	X
c2	18	40,1528	0,0779418	X
c0	18	40,6667	0,0779418	X

En cuanto al factor número de frituras, se determina en la prueba Tukey (Tabla 63), al mejor tratamiento en 1 fritura con un promedio de 40,6667% de ácido linoleico.

**Tabla 64: Grupos Homogéneos para Ácido Linoleico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2b1c2	3	0,243333	0,0914026	X	g
a2b1c1	3	0,246667	0,0914026	X	g
a2b1c0	3	0,263333	0,0914026	X	g
a2b0c2	3	0,283333	0,0914026	X	g
a2b0c1	3	0,313333	0,0914026	X	g
a2b0c0	3	0,363333	0,0914026	X	g
a0b0c2	3	5,05	0,0914026	X	f
a0b1c1	3	5,08667	0,0914026	X	f
a0b0c0	3	5,22667	0,0914026	X	f
a0b1c0	3	5,30667	0,0914026	X	f
a0b1c2	3	5,48333	0,0914026	X	f
a0b0c1	3	9,06333	0,0914026	X	e
a1b0c2	3	56,8467	0,0914026	X	d
a1b1c1	3	57,74	0,0914026	X	c
a1b1c2	3	57,8833	0,0914026	XX	bc
a1b1c0	3	58,3	0,0914026	XX	ab
a1b0c1	3	58,3567	0,0914026	XX	ab
a1b0c0	3	58,45	0,0914026	X	a

A través de los resultados estadísticos de la prueba Tukey en la tabla 64, se determina que el mejor tratamiento corresponde al aceite de Chía, a 150°C con una fritura, con un % de ácido linoleico promedio de 58,45, que demuestra una mayor estabilidad de este aceite a las condiciones de la presente investigación, incluso a 180°C, con 1, 2 o 3 frituras.

Para la parte final, se analizan los resultados en conjunto de los AGS, AGM y AGPI.

**Tabla 65: Análisis de Varianza para ÁCIDOS GRASOS SATURADOS - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	165,183	2	82,5913	4606,83	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	6,14756	1	6,14756	342,90	0,0000
C:NÚMERO DE FRITURAS	2,84428	2	1,42214	79,33	0,0000
D:RÉPLICAS	0,0480481	2	0,0240241	1,34	0,2753
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	10,5065	2	5,25324	293,02	0,0000
AC	17,3603	4	4,34008	242,08	0,0000
BC	6,94588	2	3,47294	193,72	0,0000
ABC	18,162	4	4,5405	253,26	0,0000
RESIDUOS	0,609552	34	0,017928		
TOTAL (CORREGIDO)	227,807	53			

En la tabla 65, se encuentra los resultados del ANOVA para los AGS, resultando en que tanto los distintos factores (Tipos de aceites, # frituras y temperatura de fritura) y sus interacciones (Aceite – Temperatura; Aceite - # fritura; Temperatura - # fritura y Aceite – Temperatura - # fritura), muestran diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%.

Con los resultados de la prueba Tukey, de la tabla 69, se determina que el mejor tratamiento en cuanto al menor valor de ácidos grasos saturados (AGS), es para el Aceite de Chía a 150°C y 2 frituras, sin mostrar mayor diferencia a 180°C con 1, 2 o 3 frituras.

**Tabla 69: Grupos Homogéneos para ÁCIDOS GRASOS SATURADOS por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b0c1	3	11,8767	0,0773046	X	a
a1b1c0	3	11,9033	0,0773046	X	a
a1b1c1	3	11,98	0,0773046	X	a
a1b1c2	3	11,9867	0,0773046	X	a
a1b0c2	3	13,0233	0,0773046	X	b
a2b1c0	3	14,0667	0,0773046	X	c
a2b0c0	3	14,0833	0,0773046	X	c
a2b1c2	3	14,1167	0,0773046	X	c
a2b0c1	3	14,1633	0,0773046	X	c
a2b0c2	3	14,17	0,0773046	X	c
a2b1c1	3	14,2267	0,0773046	X	c
a0b1c1	3	16,6067	0,0773046	X	d
a0b1c0	3	16,6167	0,0773046	X	d
a0b0c2	3	16,6667	0,0773046	X	d
a1b0c0	3	16,7333	0,0773046	X	d
a0b0c0	3	16,7367	0,0773046	X	d
a0b1c2	3	17,8767	0,0773046	X	e
a0b0c1	3	18,0	0,0773046	X	e

**Tabla 74: Grupos Homogéneos para ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b0c1	3	9,12	0,192623	X	d
a1b1c0	3	9,14667	0,192623	X	d
a1b1c2	3	9,27667	0,192623	X	d
a1b1c1	3	9,33667	0,192623	X	d
a1b0c2	3	9,83667	0,192623	X	d
a0b1c0	3	26,9467	0,192623	X	c
a0b0c0	3	26,9967	0,192623	X	c
a0b0c2	3	27,07	0,192623	X	c
a0b1c1	3	27,07	0,192623	X	c
a1b0c0	3	27,1067	0,192623	X	c
a0b0c1	3	28,4533	0,192623	X	b
a0b1c2	3	28,6133	0,192623	X	b
a2b0c1	3	35,1667	0,192623	X	a
a2b1c0	3	35,2467	0,192623	X	a
a2b0c2	3	35,26	0,192623	X	a
a2b1c1	3	35,3133	0,192623	X	a
a2b0c0	3	35,37	0,192623	X	a
a2b1c2	3	35,51	0,192623	X	a

En cuanto a los AGM, al existir diferencias significativas entre los factores y sus interacciones (ANOVA, tabla 70), se realizó la prueba Tukey (tabla 74), en la cual se determina que los mejores tratamientos en cuanto a un mayor porcentaje de AGM, corresponden al aceite de Soya, siendo homogéneos los grupos correspondientes a los factores # frituras y temperaturas de fritura, con valores promedios de 35%.

**Tabla 79: Grupos Homogéneos para ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2b1c2	3	50,3767	0,203275	X	f
a2b1c1	3	50,4567	0,203275	X	f
a2b0c0	3	50,5433	0,203275	X	f
a2b0c2	3	50,6	0,203275	X	f
a2b1c0	3	50,6733	0,203275	X	f
a2b0c1	3	50,7067	0,203275	X	f
a0b0c1	3	53,5567	0,203275	X	e
a0b1c2	3	53,63	0,203275	X	e
a0b0c0	3	56,25	0,203275	X	d
a0b0c2	3	56,26	0,203275	X	d
a0b1c1	3	56,3067	0,203275	X	d
a0b1c0	3	56,4233	0,203275	X	c
a1b0c2	3	77,12	0,203275	X	b
a1b1c1	3	78,68	0,203275	X	a
a1b1c2	3	78,72	0,203275	X	a
a1b1c0	3	78,94	0,203275	X	a
a1b0c1	3	78,9733	0,203275	X	a
a1b0c0	3	79,08	0,203275	X	a

Finalmente, se presenta la prueba Tukey, para los AGPI (tabla 79), determinándose que el mejor tratamiento (mayor % AGPI) corresponde al aceite de Chía en sus diferentes tratamientos de fritura y temperatura que promedian un valor de 50% para AGPI.

De todos los análisis estadísticos realizados, se comprende que de manera general el comportamiento de los 3 aceites a los tratamientos de fritura y temperatura fue favorable, sin embargo, se demuestra que los factores #frituras y temperaturas afectan al perfil de ácidos grasos de cada aceite, sin constituir cambios preocupantes de sus características al finalizar los procesos, por lo que el criterio de elección del aceite más estable en este estudio a las condiciones establecidas, es para el aceite de Chía, por su alto contenido de AGPI.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se realizó el análisis de los parámetros físico químicos de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chia (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) crudos, cuyos resultados fueron: para el aceite de soya índice de peróxido (IP) fue de  $2,28 \pm 0,25$  (meq O<sub>2</sub>/Kg) y  $1,000 \pm 0,03$  de índice de refracción (IR); para el aceite de Chía  $3,31 \pm 0,17$  (IP) (meq O<sub>2</sub>/Kg) y  $1,479 \pm 0,06$  (IR); y para el caso del aceite de ajonjolí los resultados fueron de  $4,89 \pm 0,19$  (IP) y  $1,4715 \pm 0,06$  (IR), que al ser comparados con la norma Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 33:1973 y con la Norma CODEX ALIMENTARIUS, se concluye que los 3 aceites utilizados en esta investigación se encuentran dentro de las recomendaciones para aceites comestibles; y donde el aceite de soya (marca comercial), tuvo las mejores características para el consumo humano. En cuanto a los resultados de los análisis estadísticos a los aceites luego del proceso de fritura a las temperaturas del estudio, al realizar el análisis de varianza y al aplicar la prueba de Tukey para el caso de la interacción entre los factores AB los niveles más bajos de IP son a0b1 (Aceite de soya a 180°C), a1b0 (Aceite de Chía a 150°C) y el tratamiento a2b0 (Ajonjolí a 150°C), con promedios 1,47053 y 1,471 respectivamente.
- Se evaluaron los cambios de acidez de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chia (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a diferentes temperaturas de fritura. La tabla 17, muestra los resultados obtenidos en el Índice de acidez (IA) (% ácido oleico) de los aceites antes y después del proceso de fritura a 2 temperaturas distintas (150 y 180°C):  $0,11 \pm 0,02$ ;  $0,26 \pm 0,02$  y  $0,39 \pm 0,03$  respectivamente, mostrando mejor calidad el aceite de soya comercial, pues muestra el menor valor para este parámetro, verificándose que sufrieron más cambios los aceites de Chía y ajonjolí, cuyos resultados superan ligeramente la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 33:19. En la prueba Tukey para las Interacciones (Tipo de aceite y temperatura de fritura), se

obtuvo como mejor tratamiento al aceite de Soya a 150 y 180°C, con valores promedio de IA de 0,11 y 0,26 respectivamente.

- Finalmente, se realizó el estudio del perfil de ácidos grasos de los aceites de Soya (*Glycine max*), Chía (*Salvia hispánica*) y Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) a diferentes temperaturas de fritura y número de frituras, inicialmente se identificó 9 ácidos grasos en cada uno de los aceites crudos: ácido mirístico, ácido palmítico, ácido Heptadecanoico, ácido esteárico, ácido lignocérico, ácido Palmitolcico, ácido oleico, ácido linoleico y ácido linolénico. De acuerdo a estos resultados, se concluye que el aceite de Chía es el más adecuado para el consumo respecto a la cantidad de AGPI (Ácidos grasos poliinsaturados), que corresponde a un valor de  $78,98 \pm 1,49\%$  y debido a la prevalencia de ácido Linolénico (C18:3;  $\omega$ -3) con  $58,38 \pm 0,72\%$ , ya que varios estudios han mostrado que evita fallos cardiovasculares, disminuye la presión sanguínea, entre otros beneficios [50]. El aceite comercial de soya se ubica en segundo lugar de acuerdo al % de AGPI con un  $56,28 \pm 1,18\%$ , y por último el aceite de Ajonjolí con un valor de  $50,62 \pm 0,81\%$ .

Al realizar las determinaciones luego de los tratamientos de fritura (3 frituras) a distintas temperaturas (150 y 180°C), se concluye que los 3 aceites muestran un comportamiento uniforme durante los procesos de fritura, efecto más arraigado en el aceite de ajonjolí, debido a la presencia del antioxidante Sesamol que le otorga resistencia a la oxidación. De los análisis estadísticos realizados, se demuestra que los factores #frituras y temperaturas afectan al perfil de ácidos grasos de cada aceite, sin constituir cambios preocupantes de sus características al finalizar los procesos, por lo que el criterio de elección del aceite más estable en este estudio a las condiciones establecidas, es para el aceite de Chía, por su alto contenido de AGPI que mantiene un promedio del 78%.



## **5.2.Recomendaciones**

- Realizar más investigaciones acerca de los cambios en el perfil de ácidos grasos a mayores temperaturas y números de fritura de distintos aceites comerciales, debido a la gran cantidad de uso de los aceites en procesos de fritura.
- Difundir este tipo de investigaciones para impulsar el estudio y uso de aceites más estables ante las condiciones de fritura, a través de la reducción de costos para su producción y comercialización.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. M. T. Padilla, “Estudio comparativo del grado de estabilidad del aceite de unguahua (*Oenocarpus bataua*) con otros aceites en la fritura.” 2015.
- [2] M. D. Juárez and N. Sammán, “El deterioro de los aceites durante la fritura,” *Rev. Esp. Nutr. Comunitaria*, vol. 13, no. 2, pp. 82–94, 2007.
- [3] M. Vela Lázaro, “Alteraciones De Los Aceites Vegetales Durante La Fritura,” *Univ. Sevilla*, vol. 1, no. 1, pp. 23–24, 2018, [Online]. Available: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/82324>.
- [4] A. Espinoza-Morales and L. Zapata-Contreras, “Odecu Estudio De Aceites Vegetales Comestibles,” p. 76, 2010, [Online]. Available: <http://www.odecu.cl/wp-content/uploads/2017/12/2010-estudio-aceites-vegetales.pdf>.
- [5] M. A. Ayoola Ayodeji, Adeeyo Opeyemi, Efeovbokhan Vincent, “Degradation of Oil During Frying and Its Effect on Biodiesel Production,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 05, no. 02, pp. 68–73, 2016, doi: 10.15623/ijret.2016.0502013.
- [6] J. R. G. Juan José Barajas Gómez, Araceli Castañeda Ovando, “Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud,” 2014, Accessed: Feb. 18, 2020. [Online]. Available: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/e3.html>.
- [7] D. Schettini, “Estudio Sobre Los Hábitos De Consumo De Aceites Vegetales En Los Hogares De La Ciudad De Quito,” □□□ □□□, p. 83, 2013.
- [8] Bunge North America, “Aceites Vegetales,” *Aceites Vegetales*, 2019. <https://es.bungenorthamerica.com/products/categories/96-aceites-vegetales>.
- [9] V. M. L. Perez, “Unidad 5 L í p i d o s,” 2012th ed., Tlalnepantla, pp. 86–115.
- [10] “estructura AG y TG.pdf.” .
- [11] FAO, *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana Consulta de expertos*. 2008.
- [12] Á. Carbajal, “6. Grasas y lípidos,” *Man. Nutr. y Dietética*, pp. 1–8, 2013, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [13] M. E. Z. Ayala, “Ácido Linoleico Conjugado,” vol. 28, pp. 44–49, 2009.

- [14] G. D. Tabio, Y. Díaz Domínguez, M. Rondón Macías, E. Fernández Santana, and R. Piloto Rodríguez, “Extracción de aceites de origen vegetal,” *Univ. Tecnol. la Habana*, no. May, p. 6, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.11047.55201.
- [15] Raya Chamol Anahí Citlalli, “Proceso para la obtención de aceites y grasas,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9. pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [16] O. Di Sarpio, M. Bueno, H. Busilacchi, and C. Severin, “Chía : Importante Antioxidante Vegetal,” *Rev. Agromensajes la Fac. Ciencias Agrar.*, pp. 2–4, 2008.
- [17] E. Villanueva, G. Rodríguez, E. Aguirre, and V. Castro, “Influence of antioxidants on oxidative stability of the oil Chia (*Salvia hispanica* L.) by rancimat,” *Sci. Agropecu.*, vol. 8, no. 1, pp. 19–27, 2017, doi: 10.17268/sci.agropecu.2017.01.02.
- [18] M. Bustamante, “Manual de manejo: el cultivo de ajonjolí. clases de manejos de agroquímicos,” p. 46, 2011, [Online]. Available: [http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904\\_0325\\_ajonjoli.pdf](http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325_ajonjoli.pdf).
- [19] R. M. Mendoza, “Comparación de hidrocoloides en el proceso de microencapsulamiento de aceite de ajonjolí,” pp. 1–77, 2020.
- [20] “II Simposio Nacional de Investigación en Ciencias Pecuarias y Agroempresariales del Magdalena Medio.”
- [21] J. A. Rojas Vargas and N. Benavides Araya, “Diagnóstico de la gestión de los aceites usados de cocina en las sodas de las Universidad Nacional de Costa Rica,” no. June, pp. 0–9, 2019, doi: 10.15359/cicen.1.19.
- [22] A. C. Suaterna Hurtado, “La fritura de los alimentos: el aceite de fritura: [revisión],” *Perspect. en Nutr. Humana*, vol. 11, no. 1, pp. 39–53, 2009.
- [23] M. Marchesino, P. López, G. Guerberoff, and R. Olmedo, “Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: una visión integral desde la seguridad alimentaria,” *Nexo Agropecu.*, vol. 8, no. 1, pp. 43–51, 2020.
- [24] H. Y. De la Peña, F. Centeno, N. García, J. Gallegos, and M. González, “Evaluación de la degradación de aceites vegetales en dos procesos de elaboración de frituras,” *Av. Investig. en Inocuidad Aliment.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2018, [Online]. Available: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/268-1695-1-PB.pdf>.

- [25] D. Barrera Arellano, “Estabilidad y utilización de nitrógeno en aceites y grasas.,” *Grasas y Aceites*, vol. 49, no. 1, pp. 55–63, 1998, doi: 10.3989/gya.1998.v49.i1.709.
- [26] B. Alberto, “Oxidación de lípidos y antioxidantes,” *Univ. Nac. Colomb.*, p. 59, 1997.
- [27] F. Habibi-Nodeh, R. Farhoosh, and A. Sharif, “Frying stability time of olive oils estimated from the oxidative stability index,” *J. Food Meas. Charact.*, vol. 0, no. 0, p. 0, 2019, doi: 10.1007/s11694-019-00101-y.
- [28] M. Grootveld, B. C. Percival, J. Leenders, and P. B. Wilson, “Potential adverse public health effects afforded by the ingestion of dietary lipid oxidation product toxins: Significance of fried food sources,” *Nutrients*, vol. 12, no. 4, pp. 1–50, 2020, doi: 10.3390/nu12040974.
- [29] A. Corzo, *Técnicas de l. Corzo A. Técnicas de análisis en química orgánica: cromatografía. Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE. [Cátedra de Química orgánica y biológica]. 2019. 1–55 p. análisis en química orgánica: cromatografía. 2019.*
- [30] C. Pássaro *et al.*, “Guía Sobre Principios Básicos De Cromatografía Y Sus Aplicaciones,” *Guía Sobre Principios Básicos Cromatogr. Y Sus Apl.*, vol. 1, pp. 1–50, 2016, [Online]. Available: [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4694/1/guia\\_cromatografia.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4694/1/guia_cromatografia.pdf).
- [31] V. Lopez, J. Pablo, V. Arrubla, J. Pablo, G. Edith, and J. P. L. V, “Estandarización de análisis de metilesteres de ácidos grasos por la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.,” *Sci. Tech.*, vol. 3, no. 43, 2009, doi: 10.22517/23447214.2319.
- [32] E. E. Stashenko and J. R. Martínez, “Algunos aspectos prácticos para la identificación de analitos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.,” *Sci. Chromatogr.*, vol. 2, pp. 29–47, 2010, [Online]. Available: <http://www.iicweb.org/scientiachromatographica.com/files/v2n1a3.pdf>.
- [33] N. Técnica, “1978-02 1.,” 1978.
- [34] N. Técnica, “Cdu: 665 al 03.01-317,” pp. 1–7, 1975.
- [35] G. Y. A. Comestibles and D. D. E. L. A. Acidez, “Inen 38 1973-08 1.,” 1973.
- [36] Sandra Elizabeth Santos Agualongo, “Estudio de la estabilidad del aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa.,” 2018.
- [37] I. J. G. Guaita, “EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) OBTENIDO POR PENSADO A DIFERENTES

CONCENTRACIONES DE  $\alpha$ -TOCOFEROL COMO ANTIOXIDANTE,” 2021.

- [38] A. Esquivel Ramírez, A. Castañeda Ovando, and J. Ramírez Godínez, “Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud,” *PÄDI Boletín Científico Ciencias Básicas e Ing. del ICBI*, vol. 2, no. 3, 2014, doi: 10.29057/icbi.v2i3.526.
- [39] M. Kuliah and M. Kuliah, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” no. April, pp. 33–35, 2019.
- [40] NTE 2346, “Instituto Ecuatoriano de Normalizacion,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, p. 21, 2006.
- [41] A. D. B. Sandoval, “Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato,” vol. 4, no. 1, p. 6, 2021.
- [42] Acosta and Torres, “Extraccion de aceite de chia (salvia hispanica l.) por el metodo de prensado continuo (expeller) y discontinuo (hidraulico) de las regiones de cusco y arequipa,” *Univ. Nac. San Agustin Arequipa*, p. 98, 2015, [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/238>.
- [43] A. Sarracent and J. Gandón, “Estudio de la transformación del Aceite de Soya usado en ésteres etílicos de ácidos grasos,” *Tecnol. Química*, vol. 36, no. 3, pp. 417–438, 2016, [Online]. Available: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/443>.
- [44] C. Rivera, Yezabel \*; Gutiérrez, Carlos; Gómez, Rubén; Matute, María; Izaguirre, “Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida,” *Cienc. e Ing.*, vol. 35, no. 3, pp. 157–164, 2014.
- [45] V. Ixtaina and Universidad Nacional de la Plata, “Caracterización de la semilla y el aceite de Chía (Salvia hispanica L.) obtenido mediante distintos procesos, aplicación en la tecnología de alimentos.,” *Tesis*, vol. 44, no. 8, pp. 1689–1699, 2010, doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- [46] I. Type, T. Barra, P. Jimena, and U. Correa, “Evaluación de la calidad química de aceites de Sesamum indicum (ajonjolí) y Linum usitatissimum (linaza) que se expenden en dos Bioferias de los distritos de Miraflores y Barranco en Lima, Perú,” pp. 0–42, 2021.
- [47] D. Cortez and E. Sánchez, “Evaluación de la estabilidad oxidativa de la mezcla de aceites de

chia (*Salvia Hispánica L.*) y ajonjolí (*Sesamum Indicum L.*),” pp. 1–40, 2012.

- [48] L. H. YNQUILTUPA and E. P. APAZA, “Evaluación de las características fisicoquímicas , toxicidad aguda y determinación del efecto hipolipemiante del aceite de las semillas de *Salvia hispánica L.* ( chía ) cultivadas en el distrito de Mollepata-Anta- PROFESIONAL DE : QUÍMICO FARMACÉUTICO ASE.”
- [49] INEN 2395, “Instituto Ecuatoriano de Normalizacion,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, p. 21, 2005.
- [50] MARÍA DE LOURDES RAMÍREZ VEGA, “COMPOSICIÓN DE LAS SEMILLAS DE CHÍA (*Salvia hispanica*) Y EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE SU ACEITE EN UN PRODUCTO CÁRNICO,” 2009.

## ANEXOS

### ANEXO A: ANALISIS ESTADISTICO PERFIL DE ACIDOS GRASOS ACEITES

**Tabla 23: Análisis de Varianza para Ácido Mirístico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	0,0797444	2	0,0398722	434,20	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,00106667	1	0,00106667	11,62	0,0017
C:NÚMERO DE FRITURAS	0,0000444444	2	0,0000222222	0,24	0,7864
D:RÉPLICAS	0,0000777778	2	0,0000388889	0,42	0,6582
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,00107778	2	0,000538889	5,87	0,0065
AC	0,00251111	4	0,000627778	6,84	0,0004
BC	0,0000444444	2	0,0000222222	0,24	0,7864
ABC	0,00484444	4	0,00121111	13,19	0,0000
RESIDUOS	0,00312222	34	0,0000918301		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0925333	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 24: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Mirístico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	18	0,00888889	0,00225869	x
a1	18	0,0616667	0,00225869	x
a0	18	0,102778	0,00225869	x

**Tabla 25: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Mirístico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	0,0533333	0,00184421	x
b0	27	0,0622222	0,00184421	x

**Tabla 26: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Mirístico por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

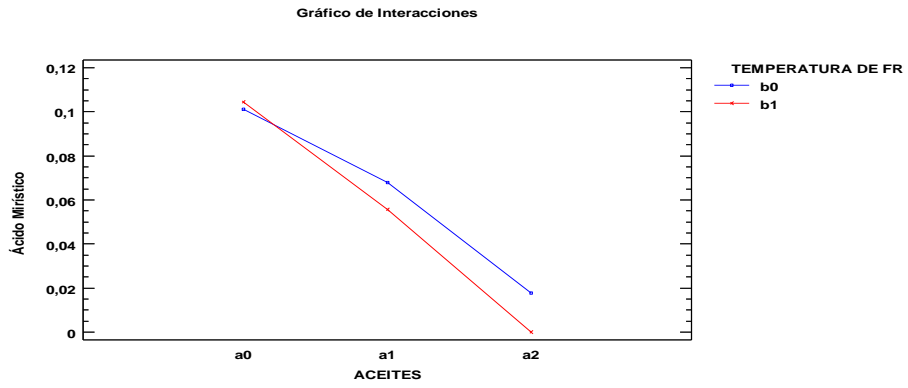
<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c0	18	0,0566667	0,00225869	X
c2	18	0,0577778	0,00225869	X
c1	18	0,0588889	0,00225869	X

**Tabla 27: Grupos Homogéneos para Ácido Mirístico por TRATAMIENTOS**

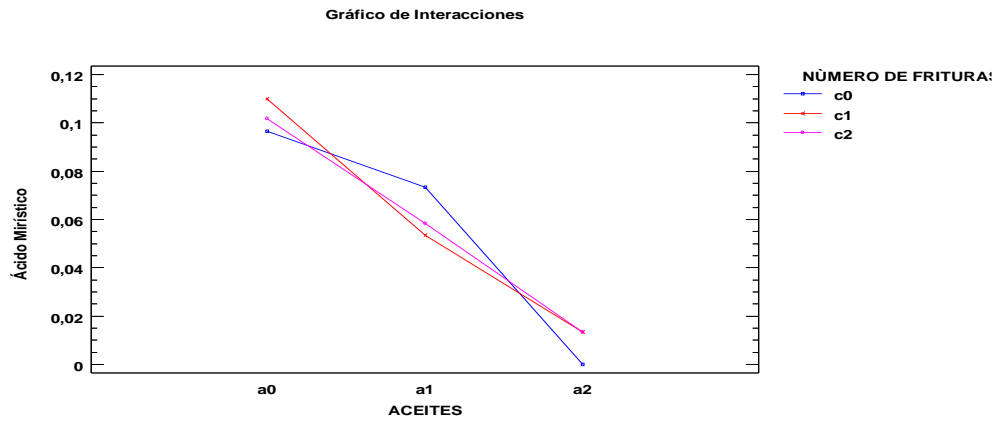
Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2b0c0	3	0	0,00553263	X a
a2b1c1	3	0	0,00553263	X a
a2b1c0	3	0	0,00553263	X a
a2b1c2	3	0	0,00553263	X a
a2b0c1	3	0,0266667	0,00553263	XX ab
a2b0c2	3	0,0266667	0,00553263	XX ab
a1b0c1	3	0,0466667	0,00553263	XX bc
a1b1c0	3	0,05	0,00553263	XX bc
a1b1c2	3	0,0566667	0,00553263	X c
a1b1c1	3	0,06	0,00553263	XX cd
a1b0c2	3	0,06	0,00553263	XX cd
a0b0c0	3	0,0866667	0,00553263	XX de
a1b0c0	3	0,0966667	0,00553263	XX ef
a0b0c2	3	0,0966667	0,00553263	XX ef
a0b1c1	3	0,1	0,00553263	XX ef
a0b1c2	3	0,106667	0,00553263	XX ef
a0b1c0	3	0,106667	0,00553263	XX ef
a0b0c1	3	0,12	0,00553263	X f

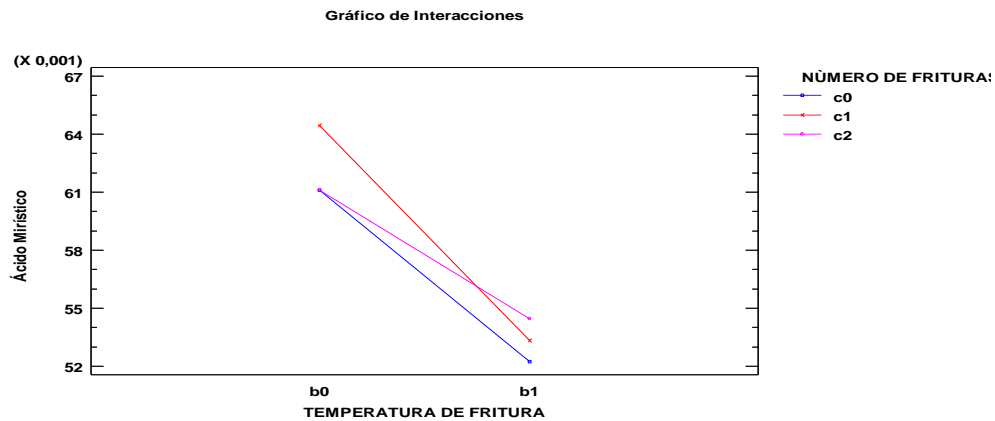




**Figura 22. Relación concentración Acido mirístico en los diferentes aceites a distintas temperaturas.**



**Figura 23. Relación concentración Acido mirístico en los diferentes aceites a diferentes frituras.**



**Figura 24. Relación concentración Acido mirístico a diferentes temperaturas y numero de frituras.**

**Tabla 28: Análisis de Varianza para Ácido Palmítico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	129,021	2	64,5107	2778,81	<b>0,0000</b>
B:TEMPERATURA DE FRITURA	4,57045	1	4,57045	196,87	<b>0,0000</b>
C:NÚMERO DE FRITURAS	2,79545	2	1,39772	60,21	<b>0,0000</b>
D:RÉPLICAS	0,164281	2	0,0821407	3,54	<b>0,0402</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	8,04171	2	4,02086	173,20	<b>0,0000</b>
AC	11,9101	4	2,97752	128,26	<b>0,0000</b>
BC	4,45314	2	2,22657	95,91	<b>0,0000</b>
ABC	11,4049	4	2,85123	122,82	<b>0,0000</b>
RESIDUOS	0,789319	34	0,0232153		
TOTAL (CORREGIDO)	173,151	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 29: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Palmítico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1	18	8,41556	0,0359129	X
a2	18	8,84556	0,0359129	X
a0	18	11,8883	0,0359129	X

**Tabla 30: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Palmítico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	9,42556	0,0293228	x
b0	27	10,0074	0,0293228	x

**Tabla 31: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Palmítico por NÚMERO DE FRITURAS**

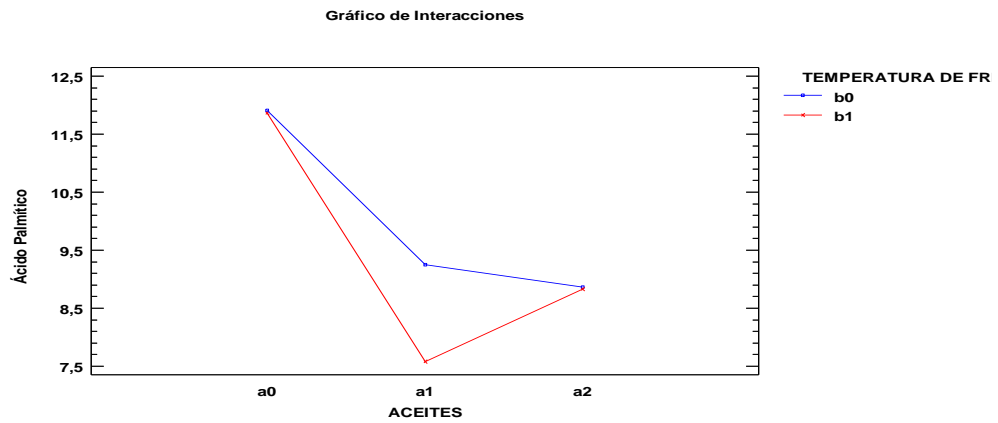
Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	9,48444	0,0359129	x
c2	18	9,63944	0,0359129	x
c0	18	10,0256	0,0359129	x

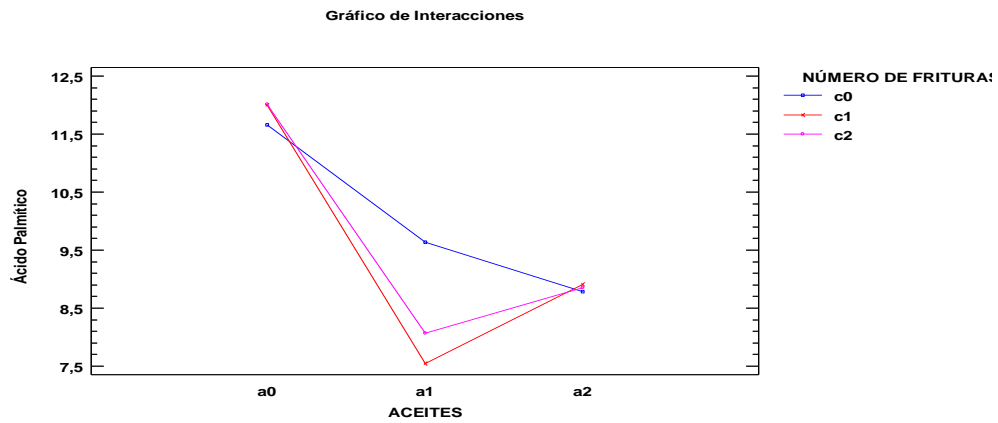
**Tabla 32: Grupos Homogéneos para Ácido Palmítico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

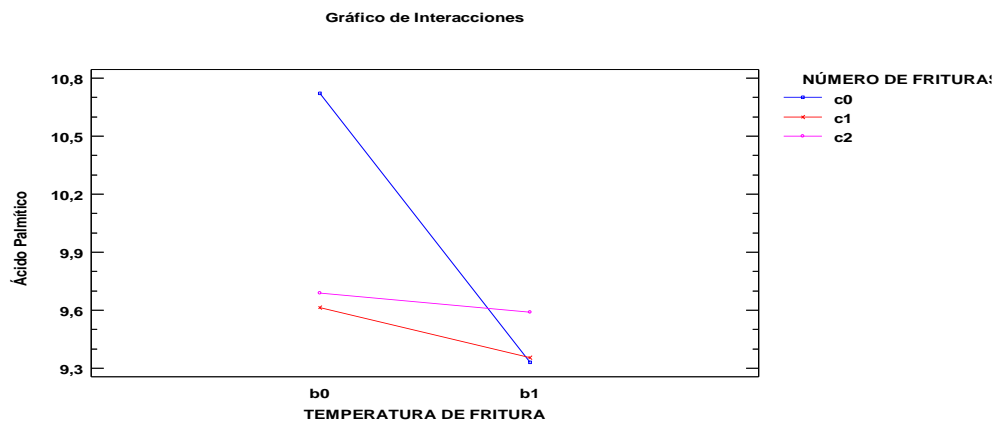
<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b0c1	3	7,53	0,0879683	x	a
a1b1c1	3	7,56667	0,0879683	x	a
a1b1c2	3	7,56667	0,0879683	x	a
a1b1c0	3	7,60333	0,0879683	x	a
a1b0c2	3	8,56	0,0879683	x	b
a2b1c0	3	8,74667	0,0879683	x	b
a2b1c2	3	8,79333	0,0879683	x	b
a2b0c0	3	8,82333	0,0879683	x	b
a2b0c1	3	8,86	0,0879683	x	b
a2b0c2	3	8,9	0,0879683	x	b
a2b1c1	3	8,95	0,0879683	x	b
a0b1c1	3	11,55	0,0879683	x	c
a0b0c2	3	11,6067	0,0879683	x	c
a0b1c0	3	11,6433	0,0879683	x	c
a1b0c0	3	11,6667	0,0879683	x	c
a0b0c0	3	11,67	0,0879683	x	c
a0b1c2	3	12,41	0,0879683	x	d
a0b0c1	3	12,45	0,0879683	x	d



**Figura 25. Relación concentración Acido palmítico en los diferentes aceites a distintas temperaturas.**



**Figura 26. Relación concentración Acido palmítico en los diferentes aceites a distintas frituras.**



**Figura 27. Relación concentración Acido palmítico a distintas temperaturas y numero de frituras.**

**Tabla 33: Análisis de Varianza para Acido Heptadecanoico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	0,0368037	2	0,0184019	106,11	<b>0,0000</b>
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,00145185	1	0,00145185	8,37	<b>0,0066</b>
C:NÚMERO DE FRITURAS	0,00117037	2	0,000585185	3,37	<b>0,0460</b>
D:RÉPLICAS	0,000237037	2	0,000118519	0,68	0,5117
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,00273704	2	0,00136852	7,89	<b>0,0015</b>
AC	0,0110296	4	0,00275741	15,90	<b>0,0000</b>
BC	0,00663704	2	0,00331852	19,14	<b>0,0000</b>
ABC	0,0115407	4	0,00288519	16,64	<b>0,0000</b>
RESIDUOS	0,0058963	34	0,00017342		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0775037	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 34: Pruebas de Múltiple Rangos para Acido Heptadecanoico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	18	0,0555556	0,00310394	X
a1	18	0,0594444	0,00310394	X

a0            18            0,112778    0,00310394    X

**Tabla 35: Pruebas de Múltiple Rangos para Acido Heptadecanoico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b0	27	0,0707407	0,00253436	X
b1	27	0,0811111	0,00253436	X

**Tabla 36: Pruebas de Múltiple Rangos para Acido Heptadecanoico por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c0	18	0,0711111	0,00310394	X
c1	18	0,0744444	0,00310394	XX
c2	18	0,0822222	0,00310394	X

**Tabla 37: Grupos Homogéneos para Acido Heptadecanoico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b0c1	3	0,0466667	0,00760308	X	e
a2b1c2	3	0,05	0,00760308	X	e
a1b0c2	3	0,05	0,00760308	X	e
a2b0c1	3	0,0533333	0,00760308	XX	de
a2b0c2	3	0,0533333	0,00760308	XX	de
a1b1c1	3	0,0533333	0,00760308	XX	de
a2b0c0	3	0,0533333	0,00760308	XX	de
a2b1c0	3	0,0533333	0,00760308	XX	de
a1b1c2	3	0,0566667	0,00760308	XX	de
a1b1c0	3	0,0633333	0,00760308	XX	de
a2b1c1	3	0,07	0,00760308	XXX	cde
a0b1c0	3	0,0766667	0,00760308	XXXX	bcde
a0b0c2	3	0,0833333	0,00760308	XXXX	bcde
a1b0c0	3	0,0866667	0,00760308	XXXX	bcde
a0b0c0	3	0,0933333	0,00760308	XXX	bcd
a0b1c1	3	0,106667	0,00760308	XX	bc
a0b0c1	3	0,116667	0,00760308	X	b
a0b1c2	3	0,2	0,00760308	X	a

**Tabla 38: Análisis de Varianza para Ácido Esteárico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	7,10614	2	3,55307	651,94	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,0522667	1	0,0522667	9,59	0,0039
C:NÚMERO DE FRITURAS	0,00443333	2	0,00221667	0,41	0,6690
D:RÉPLICAS	0,0330333	2	0,0165167	3,03	0,0615
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0763	2	0,03815	7,00	0,0028
AC	0,319789	4	0,0799472	14,67	0,0000
BC	0,184744	2	0,0923722	16,95	0,0000
ABC	0,428189	4	0,107047	19,64	0,0000
RESIDUOS	0,1853	34	0,00545		
TOTAL (CORREGIDO)	8,3902	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 39: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Esteárico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1	18	4,22889	0,0174005	x
a0	18	4,715	0,0174005	x
a2	18	5,11611	0,0174005	x

**Tabla 40: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Esteárico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	4,65556	0,0142075	x
b0	27	4,71778	0,0142075	x

**Tabla 41: Grupos Homogéneos para Ácido Esteárico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b1c0	3	4,11	0,0426224	x	
a1b0c1	3	4,13667	0,0426224	x	
a1b1c2	3	4,16	0,0426224	x	
a1b0c2	3	4,16667	0,0426224	x	
a1b1c1	3	4,19333	0,0426224	x	
a0b1c0	3	4,56	0,0426224	x	
a1b0c0	3	4,60667	0,0426224	x	
a0b1c1	3	4,61	0,0426224	x	
a0b0c0	3	4,61	0,0426224	x	
a0b0c2	3	4,61667	0,0426224	x	

a0b1c2	3	4,86667	0,0426224	X
a0b0c1	3	5,02667	0,0426224	XX
a2b0c2	3	5,08667	0,0426224	XX
a2b1c1	3	5,09667	0,0426224	X
a2b0c1	3	5,1	0,0426224	X
a2b0c0	3	5,11	0,0426224	X
a2b1c2	3	5,14667	0,0426224	X
a2b1c0	3	5,15667	0,0426224	X

**Tabla 42: Análisis de Varianza para Acido lignocérico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFEKTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	0,227733	2	0,113867	219,28	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,0140167	1	0,0140167	26,99	0,0000
C:NÚMERO DE FRITURAS	0,00474444	2	0,00237222	4,57	0,0175
D:RÉPLICAS	0,00187778	2	0,000938889	1,81	0,1794
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0195111	2	0,00975556	18,79	0,0000
AC	0,0124889	4	0,00312222	6,01	0,0009
BC	0,0157444	2	0,00787222	15,16	0,0000
ABC	0,0225111	4	0,00562778	10,84	0,0000
RESIDUOS	0,0176556	34	0,000519281		
TOTAL (CORREGIDO)	0,336283	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 43: Pruebas de Múltiple Rangos para Acido lignocérico por ACEITE**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	18	0,111667	0,00537112	X
a1	18	0,151667	0,00537112	X
a0	18	0,265	0,00537112	X

**Tabla 44: Pruebas de Múltiple Rangos para Acido lignocérico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	0,16	0,0043855	X
b0	27	0,192222	0,0043855	X

**Tabla 45: Pruebas de Múltiple Rangos para Acido lignocérico por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD



<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	0,163889	0,00537112	x
c0	18	0,177778	0,00537112	xx
c2	18	0,186667	0,00537112	x

**Tabla 46: Grupos Homogéneos para Ácido lignocérico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b1c0	3	0,0766667	0,0131565	x	a
a2b0c0	3	0,0966667	0,0131565	x	a
a2b0c2	3	0,103333	0,0131565	x	a
a1b1c1	3	0,106667	0,0131565	x	a
a2b1c0	3	0,11	0,0131565	x	a
a2b1c1	3	0,11	0,0131565	x	a
a1b0c1	3	0,116667	0,0131565	xx	ab
a2b0c1	3	0,123333	0,0131565	xx	ab
a2b1c2	3	0,126667	0,0131565	xx	ab
a1b1c2	3	0,146667	0,0131565	xx	ab
a1b0c2	3	0,186667	0,0131565	xx	bc
a0b1c0	3	0,23	0,0131565	xx	cd
a0b1c1	3	0,24	0,0131565	xx	cd
a0b0c2	3	0,263333	0,0131565	x	d
a1b0c0	3	0,276667	0,0131565	x	d
a0b0c0	3	0,276667	0,0131565	x	d
a0b0c1	3	0,286667	0,0131565	x	d
a0b1c2	3	0,293333	0,0131565	x	d

**Tabla 47: Análisis de Varianza para Ácido Palmitoleico - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	0,0192926	2	0,0096463	22,52	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,0000907407	1	0,0000907407	0,21	0,6483
C:NÚMERO DE FRITURAS	0,000181481	2	0,0000907407	0,21	0,8101
D:RÉPLICAS	0,000903704	2	0,000451852	1,05	0,3593
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0000703704	2	0,0000351852	0,08	0,9213
AC	0,00126296	4	0,000315741	0,74	0,5731
BC	0,000248148	2	0,000124074	0,29	0,7503
ABC	0,00184074	4	0,000460185	1,07	0,3844
RESIDUOS	0,014563	34	0,000428322		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0384537	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 48: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Palmitoleico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

ACEITES	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	18	0,0572222	0,00487808	X
a0	18	0,0766667	0,00487808	X
a2	18	0,103333	0,00487808	X

**Tabla 49: Grupos Homogéneos Ácido Palmitoleico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Duncan

TRATAMIENTOS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1b0c1	3	0,0466667	0,0119488	X c
a1b1c0	3	0,05	0,0119488	X c
a1b1c1	3	0,0566667	0,0119488	XX bc
a1b0c2	3	0,0566667	0,0119488	XX bc
a1b1c2	3	0,0566667	0,0119488	XX bc
a0b0c0	3	0,0666667	0,0119488	XXX abc
a0b1c0	3	0,0666667	0,0119488	XXX abc
a0b1c1	3	0,07	0,0119488	XXX abc
a1b0c0	3	0,0766667	0,0119488	XXX cab
a0b0c2	3	0,0766667	0,0119488	XXX abc
a0b0c1	3	0,0866667	0,0119488	XXX abc
a0b1c2	3	0,0933333	0,0119488	XX ab
a2b1c1	3	0,1	0,0119488	X a
a2b0c0	3	0,1	0,0119488	X a
a2b1c2	3	0,1	0,0119488	X a
a2b0c2	3	0,106667	0,0119488	X a
a2b0c1	3	0,106667	0,0119488	X a
a2b1c0	3	0,106667	0,0119488	X a

**Tabla 50: Análisis de Varianza para Ácido Oleico - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	4911,07	2	2455,54	24198,90	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	53,3818	1	53,3818	526,07	0,0000
C:NÚMERO DE FRITURAS	83,6297	2	41,8148	412,08	0,0000
D:RÉPLICAS	1,17011	2	0,585057	5,77	0,0070
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	113,865	2	56,9323	561,06	0,0000
AC	223,923	4	55,9807	551,68	0,0000
BC	111,92	2	55,9598	551,47	0,0000
ABC	210,236	4	52,559	517,96	0,0000
RESIDUOS	3,45009	34	0,101473		
TOTAL (CORREGIDO)	5712,65	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 51: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Oleico por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1	18	12,2467	0,0750826	x
a0	18	27,4483	0,0750826	x
a2	18	35,2078	0,0750826	x

**Tabla 52: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Oleico por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	23,9733	0,0613047	x
b0	27	25,9619	0,0613047	x

**Tabla 53: Pruebas de Múltiple Rangos para Ácido Oleico por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	23,9989	0,0750826	x
c2	18	24,1794	0,0750826	x
c0	18	26,7244	0,0750826	x

**Tabla 54: Grupos Homogéneos para Ácido Oleico por TRATAMIENTOS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1b0c1	3	9,07333	0,206832	x	d
a1b1c0	3	9,09667	0,206832	x	d
a1b1c2	3	9,22	0,206832	x	d
a1b1c1	3	9,28	0,206832	x	d
a1b0c2	3	9,78	0,206832	x	d
a0b1c0	3	26,88	0,206832	x	c
a0b0c0	3	26,93	0,206832	x	c
a0b0c2	3	26,9933	0,206832	x	c
a0b1c1	3	27,0	0,206832	x	c
a1b0c0	3	27,03	0,206832	x	c
a0b0c1	3	28,3667	0,206832	x	b
a0b1c2	3	28,52	0,206832	x	b
a2b0c1	3	35,06	0,206832	x	a
a2b1c0	3	35,14	0,206832	x	a
a2b0c2	3	35,1533	0,206832	x	a
a2b1c1	3	35,2133	0,206832	x	a
a2b0c0	3	35,27	0,206832	x	a
a2b1c2	3	35,41	0,206832	x	a

**Tabla 66: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS SATURADOS por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1	18	12,9172	0,0315595	x
a2	18	14,1378	0,0315595	x
a0	18	17,0839	0,0315595	x

**Tabla 67: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS SATURADOS por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	14,3756	0,0257682	x
b0	27	15,0504	0,0257682	x

**Tabla 68: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS SATURADOS por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	14,4756	0,0315595	x
c2	18	14,64	0,0315595	x
c0	18	15,0233	0,0315595	x

**Tabla 70: Análisis de Varianza para ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	4929,83	2	2464,91	22144,30	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	53,5211	1	53,5211	480,82	0,0000
C:NÚMERO DE FRITURAS	83,5195	2	41,7598	375,16	0,0000
D:RÉPLICAS	1,23001	2	0,615006	5,53	0,0084
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	114,028	2	57,0142	512,20	0,0000
AC	224,785	4	56,1961	504,85	0,0000
BC	112,169	2	56,0843	503,85	0,0000
ABC	211,261	4	52,8153	474,48	0,0000
RESIDUOS	3,78459	34	0,111311		
TOTAL (CORREGIDO)	5734,13	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 71: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a1	18	12,3039	0,0786382	x
a0	18	27,525	0,0786382	x
a2	18	35,3111	0,0786382	x

**Tabla 72: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b1	27	24,0511	0,0642078	x
b0	27	26,0422	0,0642078	x

**Tabla 73: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c1	18	24,0767	0,0786382	x
c2	18	24,2611	0,0786382	x
c0	18	26,8022	0,0786382	x

**Tabla 75: Análisis de Varianza para ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:ACEITES	8077,81	2	4038,9	32581,61	0,0000
B:TEMPERATURA DE FRITURA	0,207824	1	0,207824	1,68	0,2041
C:NÚMERO DE FRITURAS	6,90027	2	3,45014	27,83	0,0000
D:RÉPLICAS	0,20747	2	0,103735	0,84	0,4418
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,574693	2	0,287346	2,32	0,1138
AC	5,05676	4	1,26419	10,20	0,0000
BC	3,02563	2	1,51281	12,20	0,0001
ABC	22,1484	4	5,5371	44,67	0,0000
RESIDUOS	4,21473	34	0,123963		
TOTAL (CORREGIDO)	8120,14	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 76: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS por ACEITES**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>ACEITES</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a2	18	50,5594	0,0829868	X
a0	18	55,4044	0,0829868	X
a1	18	78,5856	0,0829868	X

**Tabla 77: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS por TEMPERATURA DE FRITURA**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>TEMPERATURA DE FRITURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b0	27	61,4544	0,0677585	X
b1	27	61,5785	0,0677585	X

**Tabla 78: Pruebas de Múltiple Rangos para ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS por NÚMERO DE FRITURAS**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>NÚMERO DE FRITURAS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
c2	18	61,1178	0,0829868	X
c1	18	61,4467	0,0829868	X
c0	18	61,985	0,0829868	X