

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Determinación del índice de estabilidad oxidativa de aceites
de semillas de melón (*Cucumis melo*) y zapallo (*Cucurbita
maxima*), extraídos en frío**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autoras:

Bach. Castillo Benites, Mishelle Anthonella
Bach. Sánchez Rodríguez, Alicia Nicoll

Asesora:

Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
DNI. N° 19096335
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

Coasesora:

Msc. Arevalo Oliva, María de Fátima
Código ORCID: 0000-0003-3432- 9843

Línea de Investigación
**Desarrollo, innovación y optimización de alimento,
bebidas y procesos agroindustriales**

Nuevo Chimbote - Perú
2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado “DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES DE SEMILLAS DE MELÓN (*cucumis melo*) Y ZAPALLO (*cucurbita maxima*), EXTRAÍDOS EN FRÍO”, para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. CASTILLO BENITES MISHALLE ANTHONELLA y Bach. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ ALICIA NICOLL, ha sido revisado y aprobado por el asesor Dra. Elza Berta Aguirre Vargas, designada mediante resolución decanal N° 421-2023-UNS-FI

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas

DNI: 19096335

Código ORCID:0000-0003-1659-9874



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

E. P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE AVAL DE JURADO EVALUADOR

En el presente trabajo de tesis titulado: “**DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES DE SEMILLAS DE MELÓN (*cucumis melo*) Y ZAPALLO (*cucurbita maxima*), EXTRAÍDOS EN FRÍO**”, para obtener el título profesional de ingeniero agroindustrial, presentado por los bachilleres: **CASTILLO BENITES MISHELLE ANTHONELLA** y **SÁNCHEZ RODRÍGUEZ ALICIA NICOLL**, teniendo como asesor a la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas, designada mediante resolución decanal N° 421-2023-UNS-FI, ha sido revisado y aprobado el día 06 de octubre de 2025 por el siguiente Jurado evaluador, designados mediante resolución N° 455-2023-UNS-FI

Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta
Presidente

Dr. Williams Esteward Castillo Martinez
Secretario

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 15:00 horas del día seis de octubre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N°512-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** (Secretario)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES DE SEMILLAS DE MELÓN (cucumis melo) Y ZAPALLO (cucurbita maxima), EXTRAÍDOS EN FRÍO**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- SANCHEZ RODRIGUEZ ALICIA NICOLL

Asimismo, tienen como Asesora a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** y como coasesora a la **Ing. María de Fátima Aróvalo Oliva**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

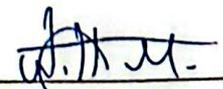
NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
SANCHEZ RODRIGUEZ ALICIA NICOLL	18	BUENO

Siendo las 16:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 06 de octubre del 2025



Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta
Presidente



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Secretario



Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 15:00 horas del día seis de octubre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N°512-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta (Presidente)
- Dr. Williams Esteward Castillo Martinez (Secretario)
- Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES DE SEMILLAS DE MELÓN (cucumis melo) Y ZAPALLO (cucurbita maxima), EXTRAÍDOS EN FRÍO**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- CASTILLO BENITES MISHELLE ANTHONELLA

Asimismo, tienen como Asesora a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** y como coasesora a la **Ing. María de Fátima Arévalo Oliva**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
CASTILLO BENITES MISHELLE ANTHONELLA	18	BUENO

Siendo las 16:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 06 de octubre del 2025


Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta
Presidente


Dr. Williams Esteward Castillo Martinez
Secretario


Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Integrante

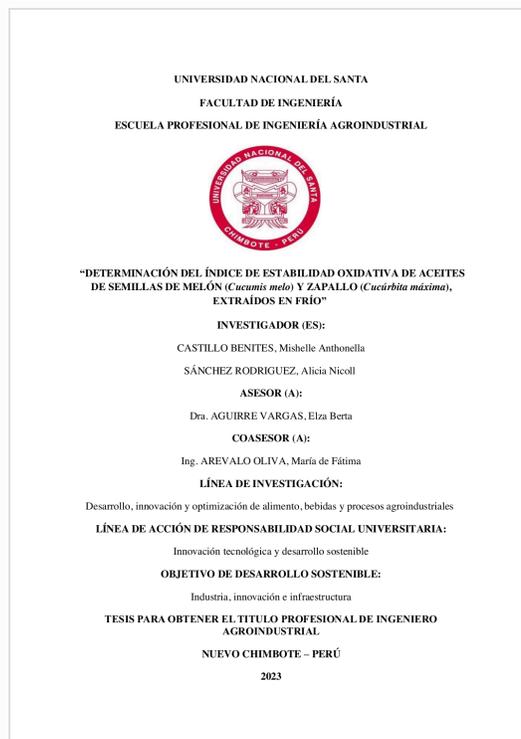


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Elza Aguirre
Título del ejercicio: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ...
Título de la entrega: "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ...
Nombre del archivo: GYKL.pdf
Tamaño del archivo: 5.89M
Total páginas: 195
Total de palabras: 35,521
Total de caracteres: 179,100
Fecha de entrega: 05-sept-2025 12:21p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2742803209



“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES DE SEMILLAS DE MELÓN (Cucumis melo) Y ZAPALLO (Cucúrbita máxima), EXTRAÍDOS EN FRÍO

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

ÍNDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	11%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	purl.org Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	intranet.cip.org.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
11	revistas.sqperu.org.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mis padres, Rafael y Alicia, por su amor incondicional y sacrificios. A mi hermano Darwin, por su apoyo constante. Este trabajo es un tributo a su amor y esfuerzo. Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a ustedes, mi mayor inspiración.

Aunque mamá ya no esté físicamente conmigo, su espíritu ha estado presente en cada etapa de este viaje. Este logro es tanto suyo como mío. A mi familia, mi red de amor inquebrantable, les dedico este logro con la esperanza de que sea un testimonio del amor y la unidad que nos define. Gracias por enseñarme que los sueños pueden alcanzarse con perseverancia y amor.

Mishelle Castillo

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo.

A nuestra asesora la Dra. Elza Aguirre, cuya guía y paciencia fueron fundamentales en cada etapa de este proyecto. Gracias por su dedicación y valiosos consejos.

Al ingeniero Jhon, por su asesoría técnica y constante disposición a apoyar. Su experiencia y orientación fueron esenciales.

Al personal del IITA, por su colaboración y asistencia en los análisis. Su ayuda fue crucial para el desarrollo de este trabajo.

Al Mg. Darwin Castillo, por compartir sus conocimientos y siempre estar dispuesto a ayudarnos.

Y a las señoras que nos facilitaron la materia prima, por su generosidad y apoyo incondicional. Su colaboración fue una pieza clave en este proceso.

A todos ustedes, nuestro más profundo agradecimiento.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. ZAPALLO MACRE	2
2.1.1 Clasificación taxonomía.....	2
2.1.2. Características de las partes del zapallo macre	3
2.1.3. Composición fisicoquímica.....	4
2.1.4. Producción nacional	5
2.1.5. Problemática de venta del cultivo y desperdicio	6
2.2. MELÓN CANTALUPO	6
2.2.1. Clasificación taxonomía.....	6
2.2.2. Características de las partes del melón cantalupo	7
2.2.3. Composición fisicoquímica.....	8
2.2.4. Producción nacional	8
2.2.5. Problemática de venta del cultivo y desperdicio	9
2.3. SEMILLAS CUCURBITÁCEAS.....	9
2.3.1. Semillas de zapallo macre.....	9
2.3.1.1. Características de la semilla de zapallo macre	9
2.3.1.2. Composición de la almendra de zapallo macre	10
2.3.1.3. Perfil de ácidos grasos de la almendra de zapallo macre	12
2.3.2. Semillas de melón cantalupo.....	12
2.3.2.1. Características de la semilla de melón cantalupo.....	13
2.3.2.2. Composición de la semilla de melón cantalupo	13
2.3.2.3. Perfil de ácidos grasos de la semilla de Melón	14
2.4. ACEITES VEGETALES	15
2.4.1. Ácidos grasos	16
2.4.1.1. Ácidos grasos saturados	17
2.4.1.2. Ácidos grasos insaturados	18
A) Ácidos grasos monoinsaturados.....	18

B)	Ácidos grasos poliinsaturados.....	18
2.4.2.	Componentes minoritarios de aceites vírgenes	22
2.4.3.	Fuentes no convencionales de aceites vegetales	24
2.4.3.1.	Aceite de semilla de zapallo macre (cucúrbita máxima).....	24
a)	Características fisicoquímicas del aceite de semilla de zapallo macre	24
b)	Aplicaciones del aceite semilla de zapallo macre	25
2.4.3.2.	Aceite de semilla de melón cantalupo (Cucumis melo).....	26
a)	Características del aceite de semilla de melón	26
b)	Aplicaciones del aceite de semilla de melón cantalupo	26
2.4.4.	Mecanismo de extracción de aceites	27
2.4.5.	Oxidación de los aceites vegetales vírgenes	28
2.4.5.1.	Mecanismos de oxidación de lípidos	33
A)	Fase de iniciación.....	33
B)	Propagación y ramificación	37
C)	Terminación	39
2.4.5.2.	Mecanismos de los Antioxidantes.....	51
2.4.6.	Estabilidad Oxidativa.....	58
2.4.6.1.	Método Rancimat.....	59
2.4.7.	Cromatografía de gases en aceites vegetales	60
2.4.8.	Características fisicoquímicas del aceite.....	61
2.4.8.1.	Índice de refracción.....	61
2.4.8.2.	Densidad.....	61
2.4.8.3.	Índice de acidez.....	62
2.4.8.4.	Índice de peróxidos	62
2.4.8.5.	Índice de yodo.....	62
2.4.8.6.	Índice de anisidina	62
2.4.8.7.	Valor TOTOX.....	63
2.4.8.8.	Cromatografía de gases en aceites vegetales.....	63
A)	Perfil de ácidos grasos.....	63

2.4.9.	Estabilidad oxidativa.....	63
2.4.9.1.	Índice de estabilidad oxidativa (OSI).....	63
2.4.9.2.	Estimación de vida útil.....	63
2.4.9.3.	Método Rancimat.....	64
2.4.9.4.	Relación entre la estabilidad oxidativa y la temperatura.....	64
2.4.9.5.	Relación entre la estabilidad oxidativa y la energía de activación.....	65
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	67
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	67
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	67
3.2.1.	Materia prima.....	67
3.2.2.1.	Reactivos.....	67
3.2.2.2.	Materiales de vidrio	68
3.2.2.3.	Equipos.....	68
3.2.2.4.	Otros materiales	69
3.3.	MÉTODOS DE ANÁLISIS	70
3.3.1.	Determinación de tamaño y forma de semillas secas.....	70
3.3.1.1.	Diámetro medio aritmético (Da).....	72
3.3.1.2.	Diámetro medio geométrico (Dg) y esfericidad (Ø).....	72
3.3.1.3.	Área superficial específica	72
3.3.1.4.	Relación de aspecto.....	72
3.3.2.	Análisis proximal para la semilla y la almendra de <i>Cucúrbita máxima</i> y <i>Cucumis melo</i> 73	
3.3.2.1.	Humedad	73
3.3.2.2.	Cenizas	73
3.3.2.3.	Grasa	73
3.3.2.4.	Fibra	73
3.3.2.5.	Proteína	73
3.3.3.	Análisis fisicoquímicos para el aceite de semilla de zapallo (<i>Cucúrbita máxima</i>) y Melón (<i>Cucumis melo</i>).....	73
3.3.3.1.	Índice de refracción.....	73

3.3.3.2.	Densidad.....	74
3.3.3.3.	Índice de acidez.....	74
3.3.3.4.	Índice de peróxidos	74
3.3.3.5.	Índice de yodo.....	75
3.3.3.6.	Índice de anisidina	75
3.3.3.7.	Valor TOTOX.....	75
3.3.3.8.	Perfil de ácidos grasos.....	75
3.3.4.	Estabilidad oxidativa.....	75
A)	Preparación de muestra	76
B)	Celda conductimétrica integrada.....	76
C)	Análisis Rancimat	76
3.3.4.1.	Estimación de vida útil.....	76
3.3.4.2.	Energía de Activación	77
3.3.5.	Perfil de Ácidos Grasos.....	77
3.4.	METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE POR PENSADO EN FRIO.....	79
3.4.1.	Recepción de materia prima.....	79
3.4.2.	Limpieza	79
3.4.3.	Pesado	79
3.4.4.	Secado de semillas	79
3.4.5.	Descascarado manual	80
3.4.6.	Acondicionamiento térmico.....	80
3.4.7.	Pensado en frío	80
3.4.7.1.	Prensa hidráulica	80
3.4.7.2.	Expeller	80
3.4.8.	Centrifugación del aceite virgen extraído	81
3.4.9.	Almacenamiento del aceite clarificado	81
3.5.	PROCESO EXPERIMENTAL	82
3.6.	DISEÑO ESTADÍSTICO.....	83
3.7.	EVALUCION DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA.....	83

3.7.1.	Variables independientes.....	83
3.7.2.	Variable dependiente.....	83
3.7.3.	Modelo matemático lineal.....	84
3.7.4.	Modelo del diseño experimental.....	85
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	86
4.1.	MORFOMETRÍA DE SEMILLAS CUCURBITÁCEAS.....	86
4.2.	ANÁLISIS PROXIMAL DE SEMILLAS ZAPALLO (<i>cucúrbita máxima</i>) Y MELÓN (<i>cucumis melo</i>).....	87
4.2.1.	Humedad.....	88
4.2.2.	Proteína.....	89
4.2.3.	Cenizas.....	89
4.2.4.	Grasa.....	89
4.2.5.	Carbohidratos.....	90
4.2.6.	Actividad de agua.....	90
4.3.	EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE ZAPALLO (<i>cucúrbita máxima</i>) Y MELÓN (<i>cucumis melo</i>).....	90
4.3.1.	Rendimiento de aceites obtenidos por prensado en frío.....	90
4.3.1.1.	Análisis de varianza para el rendimiento de los aceites obtenido por prensado en frío (prensa hidráulica y expeller).....	92
4.4.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS ACEITES DE SEMILLA DE ZAPALLO (<i>cucúrbita máxima</i>) Y MELÓN (<i>cucumis melo</i>).....	94
4.4.1.	Índice de acidez.....	95
4.4.1.1.	Análisis de varianza para el índice de acidez.....	96
4.4.2.1.	Análisis de varianza para el índice de peróxido - Suma de Cuadrados Tipo III ...	99
4.4.3.1.	Análisis de varianza para el índice de yodo.....	102
4.4.4.	Perfil de ácidos grasos.....	105
4.4.5.	Determinación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla <i>cucúrbita máxima</i> y semilla de <i>cucumis melo</i>	112
4.4.5.1.	Análisis de varianza de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de <i>Cucúrbita máxima</i> y <i>Cucumis melo</i>	119

4.4.5.2. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Variedades semilla Cucurbitácea	121
4.4.5.3. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Temperaturas de oxidación	122
4.4.5.4. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por métodos de extracción	124
4.4.6. Estimación de la vida útil de los aceites extraídos de semilla de Zapallo Macre (<i>cucumis melo</i>) y Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	131
V. CONCLUSIONES	134
VI. RECOMENDACIONES	136
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
VIII. ANEXOS	148

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Taxonomía del zapallo macre</i>	3
<i>Tabla 2. Composición fisicoquímica del Zapallo en 100g</i>	5
<i>Tabla 3. Taxonomía del Melón</i>	7
<i>Tabla 4. Composición fisicoquímica de la parte comestible del melón en 100g</i>	8
<i>Tabla 5. Caracterización de Semilla de cucúrbita máxima</i>	10
<i>Tabla 6. Composición nutricional de la almendra de Zapallo por cada 100g</i>	11
<i>Tabla 7. Perfil de Ácidos grasos del aceite de cucúrbita máxima (g/100g)</i>	12
<i>Tabla 8. Caracterización de Semilla de Cucumis Melo</i>	13
<i>Tabla 9. Composición nutricional de la semilla de melón en 100g</i>	14
<i>Tabla 10. Perfil de ácidos grasos del aceite de cucumis melo (g/100g)</i>	15
<i>Tabla 11. Producción de aceites por mes, año 2023 (toneladas)</i>	16
<i>Tabla 12. Ácidos grasos saturados</i>	17
<i>Tabla 13. Contenido nutricional de aceites vegetales por cada 100 g</i>	19
<i>Tabla 14. Contenido de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en aceites de semilla de calabaza (ASC) y aceite de semilla de melón (ASM)</i>	21
<i>Tabla 15. Contenido de tocoferoles (mg/kg) en aceites de semillas de calabaza (ASC), aceite de semilla de melón (ASM)</i>	23
<i>Tabla 16. Características fisicoquímicas del aceite de semilla de zapallo macre</i>	25
<i>Tabla 17. Características fisicoquímicas del aceite de semilla de melón cantalupo</i>	26
<i>Tabla 18. Oxidación de lípidos: Sustratos, iniciadores, catalizadores, intermediarios y productos finales</i>	32
<i>Tabla 19. Inicio de reacciones en cadena</i>	36
<i>Tabla 20. Propagación y posibles esquemas de reacciones para hidroperóxidos</i>	38
<i>Tabla 21. Compuestos de oxidación lipídica identificados por resonancia magnética nuclear (NMR)</i>	46
<i>Tabla 22. Productos de reacción secundaria por descomposición de hidroperóxidos</i>	47
<i>Tabla 23. Principales antioxidantes de fuentes naturales</i>	55
<i>Tabla 24. Modelo de diseño experimental para OSI</i>	85
<i>Tabla 25. Dimensiones axiales de la semilla de zapallo (cucúrbita máxima) (cm)</i>	86
<i>Tabla 26. Dimensiones axiales de la semilla de melón (cucumis melo) (mm)</i>	86
<i>Tabla 27. Caracterización proximal de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	88

<i>Tabla 28. Rendimiento de aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo).....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 29. ANOVA para Rendimiento por variedades de semillas y métodos de extracción....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 30. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Rendimiento con intervalos de confianza del 95.0%.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 31. Análisis fisicoquímicos de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo).....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 32. Índice de acidez de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 33. Índice de acidez de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 34. Medias por Mínimos Cuadrados para Índice de acidez de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo) y equipos de extracción con intervalos de confianza de 95.0%.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 35. Índice de peróxidos de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 36. ANOVA para Índice de peróxidos de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 37. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Índice de peróxido con intervalos de confianza del 95.0%.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 38. Índice de yodo de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 39. ANOVA para el Índice de yodo de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 40. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Índice de yodo con intervalos de confianza del 95.0%.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 41. Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucúrbita máxima en prensa hidráulica.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 42. Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucúrbita máxima en expeller.</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 43. Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucumis melo en prensa hidráulica</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 44. Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucumis melo en expeller.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 45. índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla cucúrbita máxima y cucumis melo.....</i>	<i>114</i>

<i>Tabla 46. Análisis de Varianza para Estabilidad oxidativa - Suma de Cuadrados Tipo III..</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 47. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Variedades semilla Cucurbitácea.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 48. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Temperaturas de oxidación.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 49. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por métodos de extracción</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 50. Valores de regresión lineal A y B de los aceites extraídos para estimarla vida útil de los aceites a 25°C.</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 51. Valores de extrapolación de OSI a 25°C (temperatura ambiente)</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 52. Valores de extrapolación de OSI a diferentes temperaturas de almacenamiento..</i>	<i>132</i>

RESUMEN

Análisis proximal, las semillas de zapallo $3.37 \pm 0.1521\%$ de humedad, $48.23 \pm 0.6627\%$ de proteínas, $3.36 \pm 0.0792\%$ de cenizas, $35.44 \pm 0.0045\%$ de grasa y $9.60 \pm 0.6800\%$ de carbohidratos, semillas de melón $9.85 \pm 0.1638\%$ de humedad, $25.85 \pm 0.5521\%$ de proteínas, $3.52 \pm 0.0707\%$ de cenizas, $23.87 \pm 0.0057\%$ de grasa y $36.91 \pm 0.5800\%$ de carbohidratos. El rendimiento de extracción con expeller $19.7276 \pm 0.0160\%$ (zapallo) y $14.0583 \pm 0.0114\%$ (melón), $15.679 \pm 0.0157\%$ y $9.6680 \pm 0.0071\%$ con prensa hidráulica. Las propiedades fisicoquímicas, densidades similares $0.9270\text{--}0.9290 \text{ g/cm}^3$ e IR de $1.4704\text{--}1.4742$. Los aceites (prensa hidráulica), acidez de $1.1186 \pm 0.0033\%$ (zapallo) y $1.8835 \pm 0.0914\%$ (melón), índices de peróxido de 0.1986 ± 0.0001 y $1.1993 \pm 0.0003 \text{ meq O}_2/\text{kg}$, e índices de yodo de 31.6223 ± 0.0557 y $62.7354 \pm 0.9209 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$, con expeller, acidez de $12.6014 \pm 0.0191\%$ y $6.9242 \pm 0.0735\%$, peróxidos de 1.5882 ± 0.0005 y $1.3965 \pm 0.0040 \text{ meq O}_2/\text{kg}$, e índices de yodo de 362.8306 ± 0.1223 y $120.7140 \pm 0.3654 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$, en zapallo y melón, respectivamente. El perfil de ácidos grasos, el aceite de semilla de Zapallo – prensa hidráulica Palmítico 13.998% , Esteárico 7.160% , Oleico 26.631% , Linoleico 50.901% , saturados 22.03% , insaturados 77.97% , Zapallo – expeller Palmítico 17.830% , Esteárico 7.363% , Oleico 13.022% , Linoleico 59.913% , saturados 26.21% , insaturados 73.79% , Melón – prensa hidráulica Palmítico 9.259% , Esteárico 4.774% , Oleico 11.335% , Linoleico 73.490% , Saturados 14.33% , insaturados 85.67% , Melón – expeller Palmítico 9.150% , Esteárico 3.972% , Oleico 9.885% , Linoleico 75.718% , saturados 13.50% , insaturados 86.50% , el OSI se determinó por Rancimat a 110 , 120 y $130 \text{ }^\circ\text{C}$ con flujo de 15 L/h , en zapallo, prensa hidráulica 8.84 , 4.125 y 2.095 h ; expeller 2.25 , 1.405 y 0.825 h , en melón, prensa hidráulica 5.245 , 2.615 y 1.315 h ; expeller 3.39 , 1.870 y 1.00 h , los 7 valores-P (<0.05) indicaron significancia estadística.

Palabras claves: cucúrbita máxima, cucumis melo, aceite, estabilidad oxidativa (OSI), prensado en frío.

ABSTRACT

Proximal analysis, pumpkin seeds 3.37 ±0.1521% moisture, 48.23 ±0.6627% protein, 3.36 ±0.0792% ash, 35.44 ±0.0045% fat, and 9.60 ±0.6800% carbohydrates, melon seeds 9.85 ±0.1638% moisture, 25.85 ±0.5521% protein, 3.52 ±0.0707% ash, 23.87 ±0.0057% fat, and 36.91 ±0.5800% carbohydrates. Extraction yield with expeller 19.7276 ±0.0160% (pumpkin) and 14.0583 ±0.0114% (melon), 15.679 ±0.0157% and 9.6680 ±0.0071% with hydraulic press. The physicochemical properties, similar densities 0.9270–0.9290 g/cm³ and IR of 1.4704–1.4742. Oils (hydraulic press), acidity of 1.1186 ±0.0033% (pumpkin) and 1.8835 ±0.0914% (melon), peroxide indices of 0.1986 ±0.0001 and 1.1993 ±0.0003 meq O₂/ kg, and iodine indices of 31.6223 ±0.0557 and 62.7354 ±0.9209 g I₂/100 g, with expeller, acidity of 12.6014 ±0.0191% and 6.9242 ±0.0735%, peroxides of 1.5882 ±0.0005 and 1.3965 ±0.0040 meq O₂/kg, and iodine indices of 362.8306 ±0.1223 and 120.7140 ±0.3654 g I₂/100 g, in pumpkin and melon, respectively. Fatty acid profile, pumpkin seed oil – hydraulic press Palmitic 13.998%, stearic 7.160%, oleic 26.631%, linoleic 50.901%, saturated 22.03%, unsaturated 77.97%, pumpkin – expeller palmitic 17.830%, stearic 7.363%, oleic 13.022%, linoleic 59.913%, saturated 26.21%, unsaturated 73.79%, Melon – hydraulic press Palmitic 9.259%, Stearic 4.774%, Oleic 11.335%, Linoleic 73.490%, Saturated 14.33%, Unsaturated 85.67%, Melon – expeller Palmitic 9.150%, Stearic 3.972%, Oleic 9.885%, Linoleic 75.718%, saturated 13.50%, unsaturated 86.50%, The OSI was determined by Rancimat at 110, 120, and 130°C with a flow rate of 15 L/h, in pumpkin, hydraulic press 8.84, 4.125, and 2.095 h; expeller 2.25, 1.405, and 0.825 h, in melon, hydraulic press 5.245, 2.615, and 1.315 h; expeller 3.39, 1.870, and 1.00 h, all 7 P-values (<0.05) indicated statistical significance.

Keywords: Cucurbita maxima, Cucumis melo, oil, oxidative stability (OSI), cold press.

I. INTRODUCCIÓN

Nyam y Stevenson (2012), citado por Gonzales (2021), afirma que el aceite de zapallo es un producto emergente en el mercado peruano, no se encuentra disponible en los supermercados o las tiendas, lo que plantea tanto un desafío como una oportunidad para el desarrollo tecnológico, las semillas de zapallo, que actualmente no se utilizan, contienen entre un 40 % y un 50 % de ácidos grasos insaturados (omega 3, 6 y 9), vitamina E y esteroides vegetales.

Las semillas de zapallo y semillas de melón en el sector empresarial impulsarían la agricultura tradicional al tiempo que reducirían los desechos y aumentarían la producción. En este sentido, es imprescindible desarrollar una tecnología para procesar las semillas de zapallo y melón para producir aceites vegetales de calidad.

Se tuvo como objetivo general determinar el índice de estabilidad oxidativa de aceites de semillas de dos especies cucurbitáceas (zapallo macre y melón cantalupo) obtenido por prensado en frío y como objetivos específicos:

- Caracterizar fisicoquímicamente las semillas de zapallo (*cucúrbita máxima*) y melón (*cucumis melo*).
- Extraer los aceites de las semillas de zapallo (*cucúrbita máxima*) y melón (*cucumis melo*) por el método de prensado en frío.
- Caracterizar fisicoquímicamente los aceites de semillas de zapallo (*cucúrbita máxima*) y melón (*cucumis melo*).
- Determinar el índice de estabilidad oxidativa de aceites de semillas de zapallo (*cucúrbita máxima*) y melón (*cucumis melo*).
- Determinar ácidos grasos presentes en el aceite de semillas de Zapallo (*cucúrbita máxima*) y semillas de Melón (*cucumis melo*) por cromatografía de gases.

Además, se realizó este trabajo de investigación planteando como hipótesis, el método de prensado en frío mediante prensa hidráulica presenta un efecto significativo en la obtención de aceites de semillas cucurbitáceas con mejores características fisicoquímicas y mayor estabilidad oxidativa, en comparación con el prensado en frío con expeller. y como hipótesis nula, el método de prensado en frío (prensa hidráulica o expeller) no presenta un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas ni la estabilidad oxidativa del aceite de semillas cucurbitáceas obtenido.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ZAPALLO MACRE

La calabaza o zapallo (*Cucurbita máxima*) es una planta herbácea anual de la familia de las Cucurbitáceas. En Perú, la variedad que más abunda es el zapallo Macre, que se cultiva en la costa y sierra durante todo el año. Este zapallo se difiere por su color amarillo y gran tamaño. Puede comercializarse en desemejantes etapas de madurez y en varias formas, ya sea en trozos o entero, tanto en mercados mayoristas como en supermercados del país. El cultivo del zapallo es una actividad hortícola importante para la economía peruana, con una creciente demanda internacional (Nuñez e Hidalgo, 2021).



Figura 1. Zapallo Macre

2.1.1 Clasificación taxonomía

En el Perú los más destacados lugares de producción son entre la región de Ancash y la región de Tacna. Dentro de la Sierra su principal centro de producción es en la región Apurímac.

Tabla 1.

Taxonomía del zapallo macre

Reino	Plantae
Subreino	Fanerogama
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledonea
Subclase	Metaclamidias
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitacea
Género	Cucurbita
Especie	Cucurbita maxima

Fuente: (Huayqui, 2016)

2.1.2. Características de las partes del zapallo macre

De acuerdo con Livias y Loyola (2018), nos dicen que las características que tienen las partes del zapallo macre son las siguientes:

A) Raíz: El zapallo resiste a la sequía en gran parte a la capacidad de su sistema de raíces, el cual está muy desarrollado. La raíz principal llega a una profundidad de más de dos metros. Las raíces secundarias y sus múltiples ramificaciones se extienden horizontalmente en la capa del suelo, a una profundidad no mayor de 60 centímetros.

B) Tallo: Es rastrero con cinco aristas. Su superficie presenta pubescencia, espinas pequeñas y duras de color blanco. Logra una longitud de siete metros o más. Todas las variedades de zapallo desarrollan ramificaciones laterales con raíces adventicias que fortalecen el sistema radicular, incrementando la resistencia de las plantas al viento.

- C) Hoja:** Abastecido de pedúnculos largos y huecos. Su gran orillo está dividido en cinco partes poco diferenciadas. En la especie Cucúrbita máxima, las ramificaciones de las nervaduras tienen manchas blancas. Comparado con otras plantas hortícolas, el zapallo desarrolla un sistema de hojas más extenso y con mayor capacidad de evaporación.
- D) Flor:** El zapallo es una planta monoica que brinda grandes flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas tienen pedúnculos largos y finos, por otro lado, las femeninas ofrece pedúnculos cortos y gruesos, con cinco pétalos de color entre amarillo/ anaranjado y un ovario súpero con tres lóculos. Las flores masculinas son abundantes y aparecen antes que las femeninas. La formación de flores femeninas puede contraerse cuando las temperaturas son altas y los días duran más de diez horas. La polinización del zapallo es cruzada y resulta más efectiva por la mañana, especialmente cuando el suelo tiene buena humedad.

2.1.3. Composición fisicoquímica

Es una base beneficiosa de bastantes nutrientes importantes para los seres humanos. Asimismo, abarca dosis esenciales de linoleico con 92 mg/g con respecto al peso seco y los componentes siguientes (g por g de peso seco) como K (5791), Mg (5692), Mn (49), Zn (114), Se (1,28), Cu (15,4), Cr (2,83) y molibdeno (0,8), sin embargo, contiene pocas cantidades de hierro y minerales.

Tabla 2.*Composición fisicoquímica del Zapallo en 100g.*

Componentes	Cantidad
Energía (cal)	21
Agua (g)	92
Carbohidratos (g)	2.2
Fibra (g)	0.5
Proteínas (g)	0.6
Lípidos (g)	4.2
Grasa (g)	-
Ceniza (g)	-
Sodio (mg)	3
Potasio (mg)	300
Calcio (mg)	24
Fósforo (mg)	28
Hierro (mg)	0.6
Zinc (mg)	90
Vit A (mg)	90
Vit B (mg)	13
Vit C (mg)	24

Fuente: Hidalgo y Núñez (2021)

2.1.4. Producción nacional

En el Perú, el cultivo del zapallo está ampliamente extendido desde épocas prehispánicas, especialmente en los valles de la Costa y la Sierra. El rendimiento promedio nacional del zapallo macre es de 27.44 toneladas por hectárea. Sin embargo, las regiones de Ancash, Arequipa y Tacna superan este promedio, con rendimientos de 39.60, 39.10 y 35.06 toneladas por hectárea, respectivamente (MINAGRI, 2021).

2.1.5. Problemática de venta del cultivo y desperdicio

El zapallo macre crece bien en climas templados, sin tolerar temperaturas mayores a 24 °C, y tiene un rendimiento promedio de 27.14 toneladas por hectárea. La falta de semillas certificadas en el mercado obliga a los agricultores a usar semillas de baja calidad de frutos pequeños no aptos para la venta. Además, el manejo agronómico deficiente, debido al desconocimiento sobre activadores fisiológicos para superar el estrés abiótico y biótico, impide que los productores alcancen los rendimientos altos de algunas regiones del país, que llegan a 39.60 toneladas por hectárea (MINAGRI, 2021).

2.2. MELÓN CANTALUPO

El melón cantalupo es una de las variedades del melón de pulpa anaranjada, aroma dulce y cáscara rugosa. El melón exhibe una notable diversidad morfológica, aunque generalmente tiene una forma oblonga. Antes de madurar, es de color verde, pero al alcanzar la madurez, se vuelve amarillo verdoso y su textura se vuelve más lisa (Fernández, 2020).

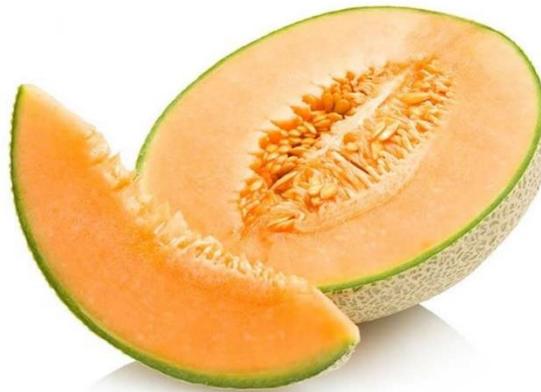


Figura 2. Melón Cantalupo

Fuente: CalFruitos

2.2.1. Clasificación taxonomía

El melón, cuyo nombre científico es *Cucumis melo*, es una planta perteneciente a la división Magnoliophyta, forma parte de la familia de las cucurbitáceas y del género *Cucumis*. Dentro de este género, se encuentran

otras especies conocidas como *Cucumis sativus*, *Cucumis anguria* y *Cucumis metuliferus* (Rojas, 2020).

Tabla 3.

Taxonomía del Melón

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Género	<i>Cucumis</i> L.
Especie	<i>C. Melo.</i>

Fuente: (Rojas, 2020)

2.2.2. Características de las partes del melón cantalupo

De acuerdo con Rojas (2020), nos dicen que las características que tienen las partes del melón cantalupo son las siguientes:

- A) Raíz:** El sistema radicular del melón tiene una raíz principal que puede alcanzar hasta 150 cm de profundidad, aunque normalmente se encuentra a 30-50 cm. También desarrolla raíces adventicias y ramificaciones que pueden formar una masa densa. El riego y otras prácticas culturales pueden influir en el crecimiento horizontal de las raíces.
- B) Tallo:** Tiene un tallo de tamaño variable, que puede superar los dos metros de longitud, y es muy ramificado y cubierto de pelos.
- C) Hojas:** Las hojas tienen peciolos de tamaños diversos. Las flores masculinas pueden estar solas o en grupos de 2 a 5, con un receptáculo acampanado y veloso, y una corola amarillenta. Las

flores femeninas son solitarias, tienen un pedicelo de aproximadamente 8 mm de grosor, y el ovario también es veloso.

D) Fruto: Las formas silvestres del fruto pesan unos 10 gramos, mientras que las cultivadas pueden alcanzar hasta 9 kilogramos. La morfología varía desde piriforme hasta elipsoide, y los colores incluyen amarillo, verde, naranja, blanquecino y con franjas.

2.2.3. Composición fisicoquímica

De acuerdo con Amaro et al. (2018), los melones contienen un 92% de agua y un 6% de azúcar, lo que los hace menos dulces y calóricos que muchas otras frutas. Son ricos en vitaminas y minerales, y 300 gramos de melón pelado cubren el 75% de la ingesta diaria recomendada de vitamina C. Además, junto con las naranjas, destacan por su alto contenido de ácido fólico.

Tabla 4.

Composición fisicoquímica de la parte comestible del melón en 100g

Componente	Cantidad
Agua (g)	90.15
Proteína (g)	0.84
Lípidos (g)	0.19
Carbohidratos (g)	8.16
Azúcares (g)	7.86
Fibra (g)	0.9
Cenizas (g)	0.65

Fuente: Amaro et al. (2018)

2.2.4. Producción nacional

De acuerdo con Agraria (2019), en Perú, se cultivan aproximadamente 1.200 hectáreas de melón, con un rendimiento promedio de 16 toneladas por hectárea, aunque en algunos campos se pueden alcanzar hasta 50

toneladas por hectárea. Las principales regiones productoras son Lima, Ica, Arequipa, La Libertad, Lambayeque y Piura.

2.2.5. Problemática de venta del cultivo y desperdicio

Según Moreno (2004) citado por Condori (2023), el melón es un cultivo anual con un ciclo de vida de 120 a 140 días, influenciado por factores genéticos, la variedad y las condiciones climáticas. Su desarrollo se divide en tres etapas: germinación y diferenciación floral, formación y cuajado de frutos, y finalmente, maduración y cosecha.

2.3. SEMILLAS CUCURBITÁCEAS

2.3.1. Semillas de zapallo macre

La semilla de zapallo macre es de un color marrón claro con forma achatada y convexa, mínimamente reducido en uno de sus extremos, con un peso promedio de 1.2 g y un número de 250 semillas por fruto. La semilla de zapallo en estado de maduración no tiene endospermo funcional puesto que la reserva nutritiva se encuentra guardada en las hojas cotiledóneas (MIDAGRI, 2021).



Figura 3. Semillas de Zapallo Macre

2.3.1.1. Características de la semilla de zapallo macre

De acuerdo con Delgado et al. (2014) citado por Nuñez e Hidalgo (2021), las semillas del zapallo macre, tienen una forma piramidal y

su tamaño y color pueden variar. Sus dimensiones típicas son 10,8 mm de ancho y 20,1 mm de longitud. Sin embargo, sus coeficientes de tamaño y color pueden cambiar en un 25,2% y un 31,6%, respectivamente.

Tabla 5.

Caracterización de Semilla de cucúrbita máxima

Variedad	C máxima
Largo (mm)	20.1
Ancho (mm)	10.8
Peso (g)	34.46
Forma	Piriforme

Fuente: Delgado et al. (2014) citado por Nuñez e Hidalgo (2021).

2.3.1.2. Composición de la almendra de zapallo macre

Las almendras dentro de las semillas de zapallo contienen un 45% de grasa y aproximadamente un 30% de proteínas, siendo una excelente fuente de proteínas vegetales. Estas almendras son ricas en fibra dietética, lo que podría ayudar a la digestión y prevenir el estreñimiento. También proporcionan vitaminas importantes como la A y la E, que actúa como un poderoso antioxidante, y minerales esenciales como calcio, hierro y fósforo (Huayqui, 2016).

Según el autor, el aceite de semilla de zapallo contiene ácidos grasos buenos como poliinsaturados dentro del grupo se encuentran el ácido linoleico (45-55%) y ácido oleico (25-38%), otros compuestos como la vitamina E (15mg), carotenos como la luteína (71%), además se encuentra el beta- caroteno (12%) y las criptoxantinas (5,3%) (Pantoja, 2023). Las semillas de zapallo contienen un alto valor nutritivo, siendo una fuente rica en ácidos grasos insaturados

oleico (40.5%) y linoleico, ácido linolénico (40.5%), ácido palmítico (17.4%), ácido esteárico, ácidos grasos monoinsaturados (0.60 g) y poliinsaturados (0.75 g), vitamina E, proteínas (25-51%) y fitoesteroles (Coanqui y Cabrera, 2020), adicionalmente de carotenoides, terpenos, saponinas y fitoquímicos (Rolnik y Olas, 2020).

Además, esta semilla de calabaza está relacionada con la concentración de extracto etéreo (contenido lipídico o graso), el cual es equivalente a energía, siendo esta la que nos da la capacidad de realizar actividades cotidianas, además de ser una fuente de ácidos grasos saludables (Rodríguez, et al, 2018; citado por Pantoja, 2023).

Tabla 6.

Composición nutricional de la almendra de Zapallo por cada 100g.

COMPONENTES	CANTIDAD
Calorías	547.0
Agua (%)	4.9
Proteínas (g)	30.3
Fibra	2.2
Grasas (g)	45.8
Calcio (mg)	38
Hierro (mg)	9.2
Fósforo (mg)	1.064
Vit A	15
Riboflavina (mg)	0.16

Fuente: Huayqui (2016) citado por Núñez e Hidalgo (2021)

2.3.1.3. Perfil de ácidos grasos de la almendra de zapallo macre

El estudio de Artica et al. (2021), analiza el perfil de ácidos grasos en semillas de calabaza, revelando que contienen una variedad de ácidos grasos saturados e insaturados. Los ácidos grasos más destacados encontrados en el estudio fueron el ácido linoleico, el ácido oleico y el ácido palmítico.

Tabla 7.

Perfil de Ácidos grasos del aceite de cucúrbita máxima (g/100g).

Ácidos Grasos	Por Prensado en frío
Palmítico (C16:0)	12.53 ± 0,811
Esteárico (C18:0)	6.62 ± 0.044
Oleico (C18:1 n-9)	11.90 ±0.070
Linoleico (18:2 n-6)	68.95 ± 0.056
AGS	19.15
AGI	80.85
AGM	11.90
AGS/AGI	¼.22

Fuente: Artica et al. (2021)

2.3.2. Semillas de melón cantalupo

Las semillas del melón cantalupo cultivado son de color blanco amarillento, tienen una forma oblonga con una base en ángulo agudo y un extremo romo. Aunque son bastante pequeñas y planas, su tamaño puede variar, y su color y forma pueden cambiar un poco según su madurez. Por lo general,

mantienen una forma ovalada y el color blanco amarillento distintivo (Fernández, 2020).



Figura 4. Semillas (a), cascaras (b) y almendras de melón (c)

Fuente: Zhang et al., (2024).

2.3.2.1. Características de la semilla de melón cantalupo

Las semillas del melón cantalupo, tienen una forma oblonga y presenta un color amarillento, sus dimensiones típicas son de 5 a 6 mm de ancho y 10.4 mm de longitud, su peso varía entre 0.2 a 0.5g.

Tabla 8.

Caracterización de Semilla de Cucumis Melo

Variedad	C Melo.
Largo (mm)	10.4
Ancho (mm)	5 a 6
Peso (g)	0.2 a 0.5
Forma	Oblonga

2.3.2.2. Composición de la semilla de melón cantalupo

Las semillas de melón son ricas en proteínas (27%) y aceite (35%). La composición varía según la región algunas semillas tienen aproximadamente 37% de lípidos y 54% de proteínas; en otras

regiones, entre 40% y 47% de aceite y 23% a 36% de proteínas. Otras semillas de melón híbrido "Chunli" tienen 35,36% de lípidos y 29,9% de proteínas, y el melón dulce presenta alrededor de 25% de proteína y 25% de aceite (Arias, 2021).

Tabla 9.

Composición nutricional de la semilla de melón en 100g.

Componentes	Cantidad
Calorías(kcal)	60
Agua (%)	4.9
Proteínas (%)	24
Fibra	2.9
Calcio (mg)	15.9
Hierro (mg)	0.40
Fósforo (mg)	1.064
Vit A (IU)	5987
Riboflavina (mg)	0

Fuente: Arias (2021)

2.3.2.3. Perfil de ácidos grasos de la semilla de Melón

Las semillas de melón presentaron valores de ácido linoleico que oscilaron entre el 64,1% y el 69,0%. Asimismo, se registró un contenido de ácido eicosapentaenoico del 0,93% (Morejón et al., 2023).

Tabla 10.*Perfil de ácidos grasos del aceite de cucumis melo (g/100g)*

Componente	Cantidad
Ácido Palmítico (C16:0)	8.38
Ácido Esteárico (C18:0)	2.07
Ácido Lignocérico (C24:0)	0.72
Ácido Oleico (C:18: 1n9cis)	7.70
Ácido Linoleico(C18:2n6cis) (Omega 6)	79.7
Ácido Eicosapentanoico (C20:4N6)	0.93

Fuente: (Morejón et al, 2023)

2.4. ACEITES VEGETALES

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas, donde se acumula como reserva energética. Al igual que otras grasas, su composición está formada principalmente por glicerina y tres ácidos grasos. Además de estos componentes fundamentales, los aceites vegetales pueden contener pequeñas cantidades de otros lípidos, como fosfátidos, constituyentes insaponificables y ácidos grasos libres que están presentes de manera natural en las grasas o aceites (Millones, 2020).

Perú es un importante productor de aceite vegetal durante todo el año, generando grandes cantidades anualmente, según el informe de SIEA 2023. Este país destaca en la producción de aceites debido a su clima y condiciones agrícolas favorables, lo que le permite mantener una oferta constante en el mercado global.

Tabla 11.*Producción de aceites por mes, año 2023 (toneladas)*

Producción de aceite vegetal en el Perú (2023)	
meses	cantidad (toneladas)
Enero	26472
Febrero	21685
Marzo	19405
Abril	21783
Mayo	22550
Junio	19193
Julio	17746
Agosto	22227
Setiembre	20064
Octubre	21335
Noviembre	20083
Diciembre	20576
TOTAL	253119

Fuente: (Encuesta mensual a establecimientos agroindustriales [SIEA], 2023, p. 31)

La calidad y las características específicas de un aceite vegetal pueden variar considerablemente según la fuente de la que se obtenga y el proceso de extracción utilizado.

2.4.1. Ácidos grasos

Los ácidos grasos están formados por una cadena de átomos de carbono (C) a la que se unen átomos de hidrógeno (H), su fórmula química es $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$, donde n indica la cantidad de átomos de carbono que forman la cadena, se clasifican según la longitud de la cadena en corta, media o larga, y según el grado de saturación en saturados o insaturados, los

ácidos grasos saturados están completamente saturados con hidrógeno, lo que les confiere una alta estabilidad (Méndez, 2023).



Figura 5. Estructura molecular de los ácidos grasos

2.4.1.1. Ácidos grasos saturados

Según Velásquez (2006), citado por Delucchi et al. (2019), los ácidos grasos saturados se caracterizan por poseer un enlace simple entre cada par de átomos de carbono (C-C), todos los átomos de carbono (menos el terminal) están unidos a dos átomos de hidrógeno, esto quiere decir que están “saturados” de hidrógeno, dentro de los ácidos grasos saturados se encuentran.

Tabla 12.

Ácidos grasos saturados

Ácidos grasos de cadena corta (volátiles).	Ácidos grasos de cadena larga.
Ácido butírico	Ácido mirístico (14:0)
ácido isobutírico	Ácido palmítico (16:0)
ácido isovalérico	Ácido esteárico (18:0)
ácido valérico	

Fuente: Velásquez (2006), citado por Delucchi et al. (2019).

2.4.1.2. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados se caracterizan por presentar uno o más enlaces dobles en su cadena hidrocarbonada, se clasifican estructuralmente en monoinsaturados y poliinsaturados (Freire, 2023).

A) Ácidos grasos monoinsaturados

Los ácidos grasos monoinsaturados tienen un solo doble enlace en su estructura (-CH=CH-) (Rivas y Gutiérrez, 2023). Un ejemplo de ácido graso monoinsaturado es el ácido oleico que pertenece a la familia de los omega-9 (García, et al, 2021).

B) Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) poseen varios enlaces dobles en su estructura (C=C), estos ácidos se agrupan en series o familias, dentro de estas series están los omega-3 que tienen de predecesor al ácido alfa-linolénico y omega-6 se forma a partir del ácido linoleico (Choquenaira y Rivas, 2013; citado por Pantoja, 2023).

Tabla 13.*Contenido nutricional de aceites vegetales por cada 100 g.*

Tipo de Aceite	Saturados (g)	Monoinsaturados (g)	Poliinsaturados (g)	
			Omega (6)	Omega (3)
Aceite de Oliva	16	71	10	1
Aceite de Girasol	12	19	68	1
Aceite de Sésamo	13	41	41.3	3
Aceite de Linaza	10	21	16	53
Aceite de Sachainchi	1.01	11.73	35.16	52.1
Aceite de semilla de Uva	12.99	17.36	68.75	0.34
Aceite de semilla de moringa	6.92	71.7	0.63	0.21
Aceite de semilla de chirimoya	21.81	44.31	32.63	*
Aceite de semilla de guanábana	25.4	41.06	32.21	*
Aceite de semilla de calabaza	10	21	16	53
Aceite de semilla de zapallo	15.5	34.1	49.1	1.3

Fuente: (Oils & Fats International., 2017), (Enciso., 2013), (Córdova & Núñez., 2015), (Fernandez., 2018), (Nonalaya & Marcañaupa., 2017), (Balbín.,2018) y (Escobar et al., 2012) citados por Millones (2020).

El aceite de semilla de zapallo es notable por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, que representa el 50.4% de su composición total, esta alta proporción de poliinsaturados, incluidos omega 6 y omega 3, le proporciona una mayor

estabilidad y resistencia a la oxidación durante la aplicación de calor, los ácidos grasos poliinsaturados ayudan a mantener la integridad del aceite, minimizando la formación de compuestos dañinos y prolongando su vida útil. Según Richard et al. (2006), citado por Méndez (2023), en términos de utilización, esto significa que pueden soportar elevadas temperaturas y almacenarse durante largos períodos.

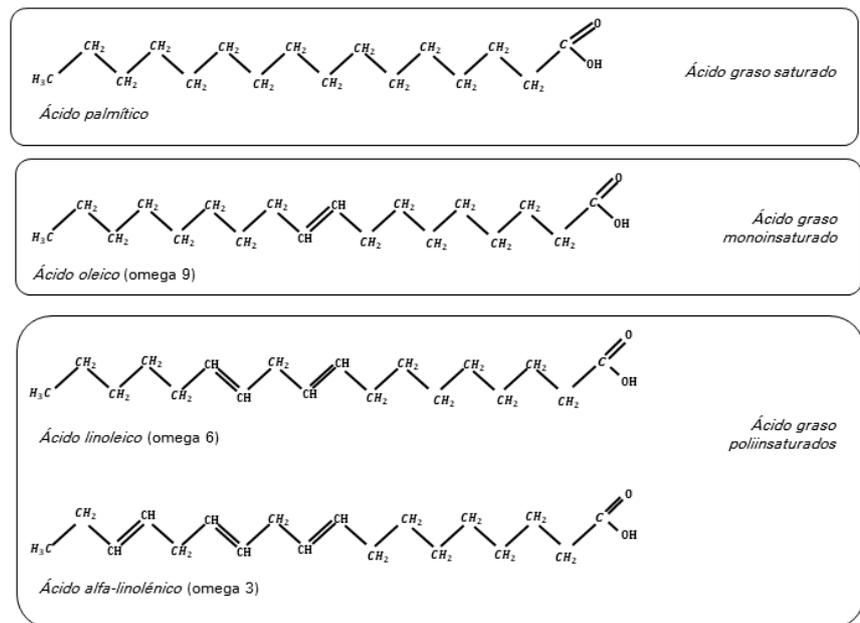


Figura 5. Estructura de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados

Fuente: Serra et al. (2020).

Tabla 14.

Contenido de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en aceites de semilla de calabaza (ASC) y aceite de semilla de melón (ASM).

Ácidos grasos	ASC1	ASC2	ASM
C14:0 (Ácido mirístico)	0.10±0.00 ^c	0.11±0.00 ^c	0.06±0.00 ^d
C15:0 (Ácido pentadecanoico)	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.047±0.00 ^b
C16:0 (Ácido palmítico)	16.42±0.11 ^a	16.34±0.13 ^b	10.76±0.16 ^g
C16:1 (n-9) (Ácido palmitoleico)	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a
C16:1 (n-7) (Ácido trans-palmitoleico)	0.11±0.00 ^c	0.11±0.00 ^c	0.11±0.00 ^c
C17:0 (Ácido margárico)	0.07±0.00 ^b	0.08±0.00 ^a	0.087±0.00 ^a
C18:0 (Ácido esteárico)	8.06±0.01 ^a	8.20±0.02 ^a	5.94±0.02 ^c
C18:1 trans (Ácido eláidico)	0.04±0.02 ^c	0.07±0.03 ^d	0.07±0.03 ^d
C18:1 (n-9) (Ácido oleico)	28.49±0.03 ^c	27.47±0.06 ^d	22.87±0.08 ^f
C18:1 (n-7) (Ácido trans-vaccénico)	0.72±0.01 ^d	0.70±0.02 ^d	1.03±0.03 ^a
C18:2 (n-6) (Ácido linoleico)	44.87±0.14 ^d	45.84±0.04 ^c	58.35±0.26 ^a
C20:0 (Ácido araquídico)	0.50±0.01 ^a	0.53±0.00 ^a	0.23±0.00 ^d
C20:1 (n-9) (Ácido gondoico)	0.11±0.00 ^d	0.11±0.00 ^d	0.11±0.00 ^d
C18:3 (n-3) (Ácido linolénico)	0.25±0.00 ^b	0.17±0.00 ^c	0.23±0.00 ^{bc}
C20:1 (n-7) (Ácido paulínico)	No detectado	No detectado	No detectado
C20:2 (n-6) (Ácido cis 11,14-eicosadienoico)	No detectado	No detectado	No detectado
C22:0 (Ácido behénico)	0.12±0.00 ^b	0.14±0.00 ^a	0.04±0.00 ^c
C22:1 (n-9) (Ácido erúxico)	No detectado	No detectado	No detectado
C24:0 (Ácido lignocérico)	0.07±0.00 ^b	0.08±0.00 ^a	0.04±0.00 ^c
SAFA	25.39±0.14 ^a	25.5±0.01 ^a	17.21±0.17 ^c
MUFA	29.49±0.02 ^c	28.48±0.07 ^d	24.20±0.09 ^f
PUFA	45.12±0.14 ^{cd}	46.01±0.04 ^c	58.57±0.26 ^a

Nota. **SAFA:** ácidos grasos saturados; **MUFA:** ácidos grasos monoinsaturados; **PUFA:** ácidos grasos poliinsaturados. Los valores

corresponden a medias \pm desviación estándar (DE) de tres determinaciones independientes. Los valores medios que presentan letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes entre sí. **ASC1:** Aceite de semilla de *Cucurbita maxima* extraído con prensa MUV 2 65; **ASC2:** aceite de semilla de *Cucurbita maxima* obtenido mediante prensa Komet DD 85 G; **ASM:** aceite de semilla de *Cucumis melo* obtenido mediante prensa Komet DD 85 G.

Fuente: Rezig et al. (2022).

Según los autores Rezig et al., (2022), concluyen en su investigación que el aceite de semilla de melón (ASM), extraído en frío con prensa Komet DD 85 G, presentó un perfil bioactivo característico, teniendo el contenido más alto en ácidos grasos poliinsaturados (58.57 ± 0.26 %), tocoferoles (652.1 ± 3.26 mg/kg) y fitoesteroles (6999.55 ± 224.01 μ g/g), el análisis por HPLC reveló que el aceite de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*), extraído mediante prensa de tornillo MUV2 65 y denominado ASC1, presentó el mayor contenido de compuestos fenólicos (13.17 mg EQ/100 g).

2.4.2. Componentes minoritarios de aceites vírgenes

Un aceite virgen conserva una serie de componentes minoritarios o también llamados metabolitos secundarios, que se derivan de los metabolitos primarios (por ejemplo, los ácidos grasos), se encuentran los polifenoles (compuestos fenólicos), tocoferoles (formas de vitamina E), los fitoesteroles y terpenoides (Rezig et al., 2022).

Tabla 15.

Contenido de tocoferoles (mg/kg) en aceites de semillas de calabaza (ASC), aceite de semilla de melón (ASM).

Aceites	α -Tocoferol	γ -Tocoferol	δ -Tocoferol	Tocoferoles totales
ASC1	No detectado	226.03±22.72 ^f	67.77±2.78 ^d	293.80±25.27 ^c
ASC2	No detectado	272.70 ± 8.29 ^d	91.00 ± 4.55 ^c	363.70 ± 5.01 ^d
ASM	No detectado	633.10 ± 18.81 ^a	19 ± 0.90 ^g	652.1 ± 3.26 ^a

Nota. ASC1: Aceite de semilla de *Cucúrbita máxima* extraído con prensa MUV 2 65; ASC2: Aceite de semilla de *Cucúrbita máxima* extraído con prensa Komet DD 85 G; ASM: Aceite de semilla de *Cucumis melo*, extraído con prensa Komet DD 85 G. *Fuente:* Rezig et al. (2022).

La composición de tocoferoles se considera un atributo esencial para identificar los beneficios potenciales de los aceites vegetales en la protección contra el estrés oxidativo (Rezig et al., 2022).

Los radicales libres o también llamados compuestos oxidantes son moléculas derivadas del oxígeno que carecen de un solo electrón, por esta razón, son extremadamente reactivos y podrían causar estrés oxidativo, este daño es un desequilibrio entre los radicales libres o compuestos oxidantes y los antioxidantes en el cuerpo (Fernández, 2022).

Las semillas de calabaza (*Cucúrbita máxima*) debido a su composición única se le considera el componente más importante de los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante de los aceites mediterráneos de calabaza, además el aceite de semilla de calabaza (*Cucúrbita máxima*) contiene gran cantidad de compuestos bioactivos como son los ácidos grasos ω -3, ω -6 y ω -9, α -tocoferol, γ -tocoferol, esteroides, β -caroteno y luteína (Rezig et al., 2022).

El aceite de semilla de calabaza (*Cucúrbita máxima*) debido a sus biocomponentes poseen beneficios para la salud, según los autores, Nishimura et al. demostraron que dicho aceite fue efectivo en la prevención o tratamiento de trastornos urinarios como la vejiga hiperactiva (OAB) y la

hiperplasia prostática benigna (BPH), ya que el afeite contiene sitosterol (familia de los fitoesteroles) (Rezig et al., 2022).

Por otro lado las semillas de melón (*Cucumis melo L.*) podrían usarse para la extracción de aceite vegetal ya que se consideran una fuente rica de biocomponentes y antioxidantes naturales como los ácidos grasos ω -6 y ω -9, α -tocoferol, γ -tocoferol y esteroides, la investigación se realizó para evaluar su capacidad para preservar una buena piel, utilizándolo tópicamente, Komane et al. realizaron la investigación respecto a la seguridad (irritación) y efectividad (pérdida de agua, transepidérmica, hidratación y pruebas de oclusividad) concluyendo que el aceite de semilla de melón (*Cucumis melo L.*) utilizado tópicamente no irrita la piel, disminuyó la pérdida de agua transepidérmica y aumentó la retención de humedad además de sus propiedades hidratantes y humectantes, debido a la presencia de compuestos bioactivos como los tocoferoles, fitoesteroides y polifenoles, debido a esto pueden ayudar a prevenir las enfermedades relacionadas con la edad, enfermedades cardiovasculares, enfermedades oculares y neurodegenerativas, debido a que estas enfermedades se caracterizan por un aumento del estrés oxidativo (Rezig et al., 2022).

2.4.3. Fuentes no convencionales de aceites vegetales

2.4.3.1. Aceite de semilla de zapallo macre (cucúrbita máxima)

Según Prevc et al. (2013) y Oloyede et al. (2012), citados por Gonzales (2021), el aceite de zapallo es denominado en otros países aceite de calabaza y está disponible comercialmente en Austria, Eslovenia, Hungría, Japón, República Checa, Alemania, Rumania, Italia, Norte y Sur de Ucrania.

a) Características fisicoquímicas del aceite de semilla de zapallo macre

Se presenta la siguiente tabla de las características fisicoquímicas del aceite de semilla de zapallo, incluyendo parámetros como la densidad relativa, índice de refracción, índice de yodo, color, índice de acidez e índice de peróxido, según diferentes autores.

Tabla 16.

Características fisicoquímicas del aceite de semilla de zapallo macre.

Análisis	Rodríguez, et al. (2014)	Hidalgo y Nuñez (2021)
	Resultado	Resultado
Densidad relativa a 20°C (g/cm ³)	0.9257	0.9295 ± 0.0004*
Índice de refracción a 25°C	1.468	1.4722 ± 0.0000*
Índice de Yodo (g I ₂ /100g)	88.6	96.6891 ± 0.2082*
Acidez libre (%como oleico)	1.52	1.0096 ± 0.0018*
Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)	4.72	1.9587 ± 0.0058*

Fuente: (Rodríguez, et al., 2014) y (Córdova & Nuñez., 2021).

b) Aplicaciones del aceite semilla de zapallo macre

El aceite de semilla de zapallo macre no ha sido ampliamente estudiado en comparación con otros aceites vegetales. Sin embargo, tiene diversas aplicaciones en el sector alimentario, según Kost'álová et al. (2009), Martínez (2009), Peričin et al. (2009) y Stevenson et al. (2007), citados por Rodríguez et al. (2018), este aceite tiene usos destacados en la industria alimentaria, especialmente en la preparación de comidas, ya que en Europa se consume como aceite de cocina para ensaladas debido a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (18:1 n-9), además se utiliza como ingrediente en productos comunes como pan, mostaza y dulces, también es considerado un alimento proteico y energético, mientras que en países como Australia, Eslovenia, Hungría y Serbia las semillas de *cucúrbita* son empleadas en la elaboración de platos tradicionales, adicionalmente el aceite extraído de las semillas de *cucúrbita máxima* posee propiedades antioxidantes, lo que incrementa su valor funcional en diversos productos alimenticios.

Según Vicente (2021), en cosmetología, el aceite de zapallo se utiliza debido a su contenido de ácido linoleico, antioxidantes y vitaminas C y E.

2.4.3.2. Aceite de semilla de melón cantalupo (*Cucumis melo*)

a) Características del aceite de semilla de melón

Se presenta la siguiente tabla de las características fisicoquímicas del aceite de semilla de melón, incluyendo parámetros como la densidad relativa, índice de refracción, índice de saponificación, índice de yodo, color, índice de acidez e índice de peróxido, según diferentes autores.

Tabla 17.

Características fisicoquímicas del aceite de semilla de melón cantalupo.

Análisis	Castro y Jacome (2022)
	Resultado
Densidad relativa a 20°C (g/cm ³)	0.92 ^B
Índice de refracción a 25°C	1,47 ^B
Índice de saponificación (mg KOH/g)	196,68 ^A
Índice de Yodo (g I ₂ /100g)	132,47*
Acidez libre (% como oleico)	0.45 ^b
Índice de peróxido (meqO ₂ /kg)	0

Fuente: (Castro y Jacome., 2022)

b) Aplicaciones del aceite de semilla de melón cantalupo

Según Estz (2018), citado por Cisneros (2022), el aceite de melón se utiliza en la industria alimentaria debido a su aporte de nutrientes esenciales, como la vitamina A,

vitamina C y potasio, estas propiedades facilitan el uso del aceite de melón como un ingrediente funcional, mejorando el perfil nutricional de los productos sin alterar su proceso de fabricación.

Según Garces (1997) citado por Cisneros (2022), nos dice que el uso de estos aceites crudos transformados, como materia prima en la industria oleo química, ya que a su alta biodegradabilidad se convierte en un producto ideal para la fabricación de surfactantes, lubricantes, combustibles (Diesel), detergentes, productos fitosanitarios, jabones, cosméticos y velas. Por otra parte, forman parte de procesos industriales, dando así origen a los jabones, detergentes, ácidos grasos, pintura, barniz, resinas etc. (FAO, 2000).

2.4.4. Mecanismo de extracción de aceites

El método de prensado en frío es el más recomendado, se debe tener en cuenta en el acondicionamiento las condiciones óptimas de humedad (< 8%) para obtener el mejor rendimiento en la extracción de aceite, este método de extracción se realiza aplicando alta presión mecánica a las muestras de semillas oleaginosas para separar el aceite, el cual luego se recoge y filtra, al no someterse a calor, este proceso conserva los antioxidantes y compuestos fotoquímicos (Torres, 2018). Por otro lado, cuando los aceites se exponen a temperaturas altas y tiempos prolongados de calentamiento, se incrementan los valores de acidez, peróxidos y refracción, esto afecta los ácidos grasos, aumentando los saturados y reduciendo los insaturados (Artica-Mallqui et al., 2021).

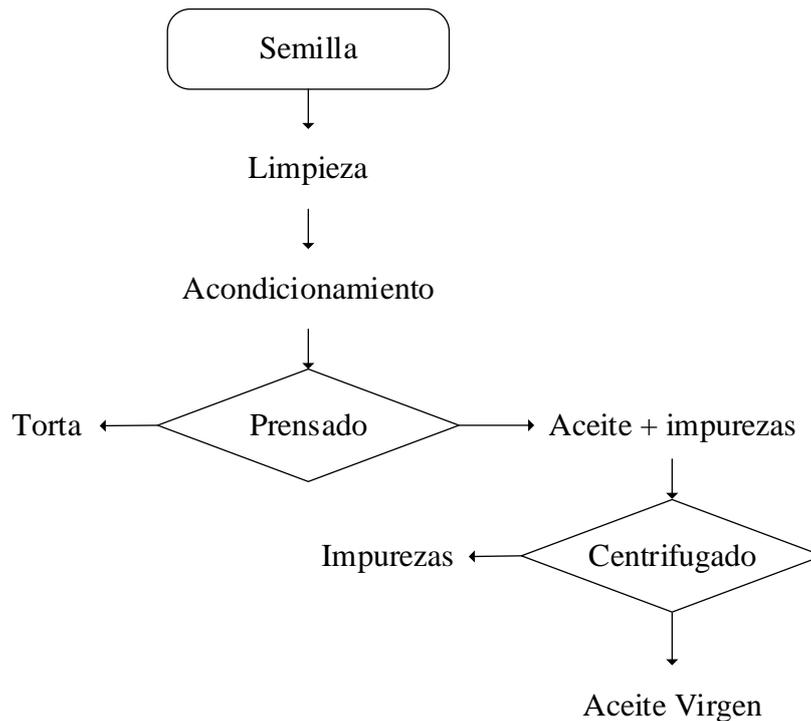


Figura 6. Esquema de un proceso típico para la extracción de aceites por prensado.

2.4.5. Oxidación de los aceites vegetales vírgenes

“En la industria alimentaria, es muy importante estudiar el proceso de oxidación de los lípidos, ralentizar la oxidación de los lípidos y aumentar la estabilidad de los lípidos para la seguridad y la salud de la dieta de las personas” (Wu et al., 2022a, como se citó en Wang et al., 2023, p. 36).

“Un radical libre se puede definir como cualquier especie molecular independiente que contiene uno o más electrones desapareados en un orbital atómico, pueden donar o aceptar electrones funcionando en calidad de oxidantes o reductores” (Serna et al., 2020, p. 73).

La oxidación de lípidos se produce principalmente por el daño oxidativo que sufren los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), este proceso puede desarrollarse a través de distintas vías, como la autooxidación, oxidación enzimática y fotooxidación (exposición a la luz), siendo la autooxidación

la forma más frecuente, comúnmente cuando se trata de almacenamiento y conservación de alimentos (Serra et al., 2020).

En los alimentos con alto contenido graso, la oxidación enzimática es causada especialmente por la acción de hidrolasas de ésteres carboxílicos, estas enzimas clasificadas como metaloproteínas por contener hierro ferroso (Fe^{2+}) en su centro activo, a diferencia de la autooxidación donde las hidrolasas tienen especificidad por el sustrato, el óptimo pH de la reacción es muy estricto, la óptima temperatura, además las enzimas exhiben sensibilidad al calor y requieren una energía de activación significativamente baja, cercana a los 17 kJ/mol., la fotooxidación, esto pasa cuando los lípidos se exponen a la luz en presencia de oxígeno atmosférico y compuestos foto sensibilizantes (Serra et al., 2020).

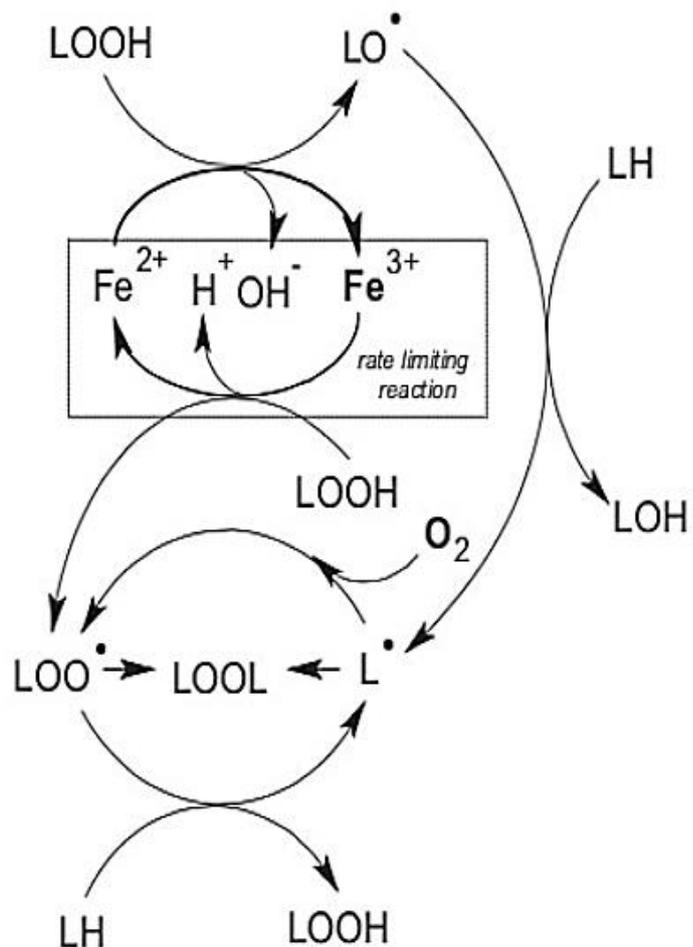


Figura 7. Mecanismo de oxidación lipídica mediada por hierro

Fuente: Serra et al. (2020).

Debido a la oxidación de los ácidos grasos se ha establecido la teoría de autooxidación de los ácidos grasos insaturados (PUFA) por medio de tres fases (A) reacción de iniciación que da lugar a la formación de los radicales libres a partir de los PUFA o peróxidos lipídicos, B) las reacciones de propagación debido a la acumulación de peróxidos lipídicos por causa del oxígeno gaseoso y los radicales libres, C) la fase de finalización o terminación donde los radicales libres se asocian en componentes no radicales, provocando la descomposición de peróxidos en los ácidos grasos más cortos, etc., a estos compuestos se les conoce como productos secundarios de oxidación, debido a estos compuestos se desarrollan sabores y aromas desagradables, esto se le conoce como enranciamiento oxidativo) y reacciones en cadena ya que una vez que iniciada solo continúa acelerando, debido a esto aparece olor y sabor rancio, cambia el color y la textura del aceite, desciende el valor nutritivo debido a que se pierden algunas vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (Duque, 2024).

La oxidación se puede mitigar con antioxidantes, una de las pruebas más comunes para medir la capacidad antioxidante es el cambio de la absorción de luz que ocurre cuando una sustancia se oxida (Fernández, 2022).

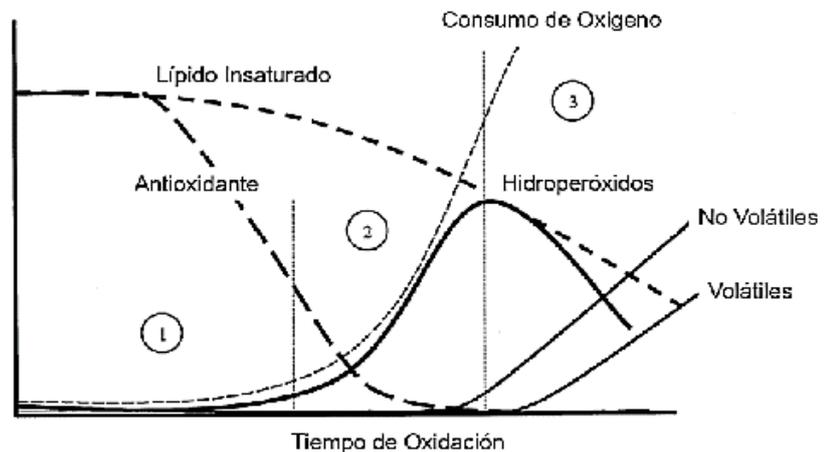


Figura 8. Fases de la Peroxidación lipídica. Adaptado de “The challenging contribution of Hydroperoxides to the lipid oxidation mechanism”, por Afaf et al., 2003, en *Lipid Oxidation Pathways* (p.2), editado por Kamal-Eldin, 2003 citado por Duque, 2024.

Los PUFA presentes pueden oxidarse a hidroperóxidos mediante reacciones de oxidación, las peroxidasas se transfieren de los peróxidos (gran

suministro de oxígeno) a un sustrato oxidable, la cantidad de hidroperóxidos se miden con el valor de peróxido (Kamal-Eldin, 2003; citado por Duque, 2024), además de los hidroperóxidos que es un tipo de deterioro inicial, también se encuentra el índice de acidez que determina la cantidad de ácidos grasos libres en el aceite, siendo esta una etapa de oxidación avanzada o por una exposición del aceite a humedad, al obtener un valor alto de índice de acidez nos indica los procesos de hidrólisis (los triglicéridos o grasas se rompen en presencia de agua, liberando ácidos grasos libres y glicerol) y descomposición de las grasas, estos indicadores son clave en la estabilidad oxidativa del aceite (Kozłowska et al., 2025).

También se utilizan parámetros de oxidación como K_{232} que indica compuestos de oxidación primaria (hidroperóxidos) y K_{270} que indica compuestos de oxidación secundaria (aldehídos, cetonas y dienos conjugados) (Kozłowska et al., 2025).

Una oxidación no catalizada de biomoléculas es poco probable o no significativo, cuando el dioxygeno está en su estado fundamental, sin embargo, existe un sensibilizante, la luz, un catalizador de metal de transición los cuales actúan de mediadores en la conversión de dioxygeno en estado de singlete ($1O^2$), el cual es altamente reactivo para que suceda la oxidación, esa es la diferencia entre la oxidación y la oxidación no catalizada o autooxidación (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

Una vez iniciado el proceso de oxidación implica una formación lenta y constante de radicales, seguida de peróxidos e hidroperóxidos, los cuales son subproductos primarios en la oxidación, continuando y propagándose hasta que eventualmente se descomponen en productos de oxidación secundarios como ácidos orgánicos pequeños, cetonas y aldehídos (responsables del sabor y olor a rancio en aceites oxidados), es una cadena no obstaculizada de los eventos de oxidación, como se muestran en la Tabla 18, además se encuentran tres fases de oxidación: iniciación, propagación y terminación (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

Tabla 18.

Oxidación de lípidos: Sustratos, iniciadores, catalizadores, intermediarios y productos finales.

Sustratos	Iniciadores, Catalizadores	Subproductos primarios	Intermediarios	Especies secundarias			
Enlace oxietileno	Luz	$h\nu$	Hidroperóxido	ROOH	Radical Alcoxi	RO [•]	Agua
Enlaces alílicos	RH	Oxígeno triplete	Peróxido	ROOR	Radical Hidroxilo	HO [•]	Ácidos orgánicos pequeños,
Principio activo		Oxígeno singlete	Radical Peroxilo	ROO [•]	Radical Peroxilo	ROO [•]	compuestos carbonílicos (cetonas,
Antioxidante	AH	Metal de transición	Radical libre	R [•]	Hidroperóxido	ROOH	aldehídos)
		Radical antioxidante	Metal de transición	M ⁺ⁿ⁻¹			Compuestos volátiles

Nota. Tabla traducida y adaptada de Oxidative Stability in Lipid Formulations: A Review of the Mechanisms, Drivers, and Inhibitors of Oxidation, por J. Musakhanian, J. D. Rodier y M. Dave, 2022, AAPS PharmSciTech, 23, 151. <https://doi.org/10.1208/s12249-022-02282-0>.

Como se observa en la Tabla 18, los sustratos son compuestos que sufren oxidación mayormente son los lípidos insaturados (ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico y oleico, además de los triglicéridos en aceites vegetales; dentro de los iniciadores y catalizadores se encuentra la luz la cual activa las reacciones de oxidación formando radicales libres en el aceite; el oxígeno triplete ($^3\text{O}_2$) que es la forma estable del oxígeno molecular presente en el aire y puede intervenir en las reacciones de autooxidación; el oxígeno singlete ($^1\text{O}_2$) es la forma excitada y muy reactiva del oxígeno, contribuyendo a la oxidación fotoquímica de lípidos; metales de transición donde se encuentra el hierro (Fe) o cobre (Cu) que catalizan la descomposición de hidroperóxidos y aceleran la oxidación de los aceites y por último el radical antioxidantes (A^\bullet) que es la forma activa de un antioxidantes tras donar un electrón, estabiliza radicales libres en lípidos sin iniciar nuevas reacciones (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

En los subproductos primarios se encuentra el hidroperóxido (ROOH), que se forma cuando un radical peroxilo (ROO^\bullet) reacciona con un ácido graso insaturado, es inestable y puede descomponerse en más radicales; peróxido es un compuesto con un enlace oxígeno-oxígeno ($-\text{O}-\text{O}-$), en aceites incluye tanto hidroperóxidos (ROOH) como peróxidos orgánicos más complejos, estos marcan el inicio de la rancidez oxidativa; el radical peroxilo (ROO^\bullet) es un radical libre muy reactivo que se forma en la propagación de la oxidación y ataca otras moléculas de lípidos y genera

hidroperóxidos; el radical libre es una molécula con un electrón no apareado el cual inicia y propaga la oxidación, principalmente los radicales alquilo ($R\bullet$), peroxilo ($ROO\bullet$) y alcoxi ($RO\bullet$); finalmente los compuestos volátiles, moléculas pequeñas que se evaporan fácilmente dentro de estos están incluidos los aldehídos, cetonas y ácidos, los cuales son los principales causantes del deterioro sensorial del aceite (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

2.4.5.1. Mecanismos de oxidación de lípidos

La oxidación de lípidos es una reacción en cadena de radicales libre, la cual se produce en tres etapas o fases: fase de iniciación, propagación y ramificación y la fase de terminación (Durand et al., 2025).

A) Fase de iniciación

La fase de iniciación es un proceso lento que se caracteriza por la generación de radicales libres, para que ocurra, se requiere la presencia de un iniciador o catalizador para quitar un electrón al sustrato, este proceso suele ser desencadenado por la luz ($h\nu$), oxígeno molecular y metales de transición (M^+) que actúan como catalizadores; cuando un átomo de hidrogeno se desprende del sustrato, forma un radical libre ($R\bullet$), este radical libre puede estar compuesto por un ácido graso insaturado (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

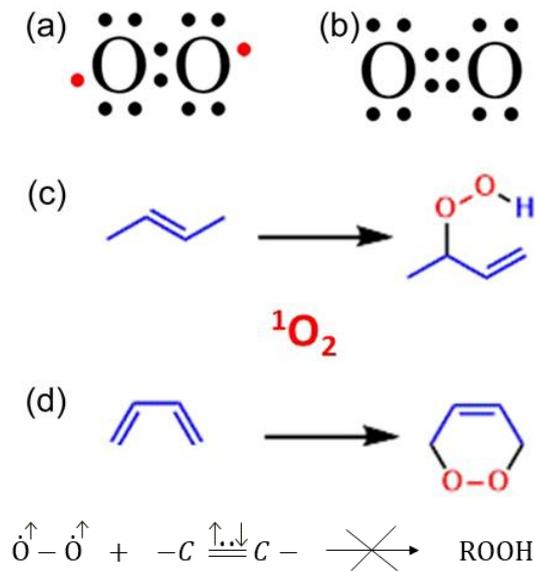


Figura 9. Reactividad del oxígeno triplete ($^3\text{O}_2$) y singlete ($^1\text{O}_2$)

Nota. El oxígeno en estado triplete ($^3\text{O}_2$) es poco reactivo frente a dobles enlaces de los lípidos y requiere un iniciador o catalizador para oxidarlos, mientras que el singlete ($^1\text{O}_2$) puede atacarlos directamente mediante reacciones tipo “ene” o Diels–Alder, generando hidroperóxidos oxidados, el singlete forma hidroperóxidos en posiciones C9, C10, C,12 y C13 y el triplete conocido como autooxidación, forma hidroperóxidos en las posiciones C9 y C13.

Fuente: Goggin & Fischer (2024).

En condiciones naturales, el oxígeno se encuentra en su forma triplete, el cual se puede transformar en oxígeno singlete, el cual es más reactivo, este proceso también puede iniciarse mediante otros factores autocatalíticos a través de radicales libres intermedios, que presentan trazas de metales y peróxidos que actúan como impurezas en los sistemas alimentarios (Duque, 2024).

El oxígeno triplete es la forma más abundante y estable de oxígeno, es una molécula en su estado de menor energía, además

posee dos electrones desapareados, los cuales hacen que la molécula sea paramagnética, este estado de oxidación en una molécula estable, hace que tenga una alta reactividad química y es demasiado rara en la naturaleza, al entregarle energía al oxígeno triplete, los dos electrones que se encontraban desapareados quedan apareados y con spines antiparalelos, esta nueva configuración de mayor energía y sumamente reactiva corresponde al oxígeno singlete, el oxígeno singlete es 1000 veces más reactiva que el oxígeno en estado fundamental, el oxígeno singlete en fase gaseosa posee un tiempo de vida de 72 min, pero al tener interacción con solventes su tiempo de vida útil se acorta a microsegundos o nanosegundos (Gambetta, 2018; Lin et al., 2025; Durand et al., 2025).

La autooxidación suele desarrollarse de manera lenta, requiriendo un período prolongado antes de que se manifiesten olores y sabores desagradables en los alimentos, esta autooxidación presenta las reacciones de descomposición de radicales libres, descomposición del hidroperóxido y descomposición de radicales alquilo, estas reacciones demandan una energía de activación de 20-30 kcal/mol, lo que implica que, a temperaturas bajas, como 20 °C, se requiere de catalizadores para que ocurra (Serra et al., 2020, citado por Duque, 2024).

Además, la velocidad de autooxidación se incrementa al doble por cada aumento de 15 °C, en contraste, la fotooxidación se produce cuando los alimentos se exponen a la luz en presencia simultánea de oxígeno atmosférico y compuestos fotosensibilizadores, incluso en concentraciones reducidas (Serra et al., 2020, citado por Duque, 2024).

Tabla 19.

Inicio de reacciones en cadena

Oxidación mediada por luz o metal	Oxidación mediada por oxígeno y metal
$RH + h\nu \rightarrow H^+ + R\cdot$	$Fe^{2+} + O_2 \rightarrow Fe^{3+} + O_2^{\cdot-} \leftrightarrow HOO\cdot + H^+ \rightarrow R\cdot + H_2O_2$
$RH + M^{3+} \rightarrow R\cdot + H^+ + M^{2+}$	$2O_2^{\cdot-} \text{ or } O_2^{\cdot-}/HOO\cdot \rightarrow H_2O_2 + O_2$ $H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow HO\cdot + OH^- + Fe^{3+}$ $HO\cdot + RH \rightarrow H_2O + R\cdot$

Fuente: (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

Según los autores Shahidi & Zhong (2010), también se puede representar la iniciación de la siguiente manera.

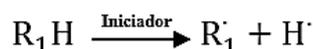


Figura 10. Iniciación de la oxidación.

Nota. Adaptado de Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. Chemical Society Reviews, 39(11), 4067–4079.

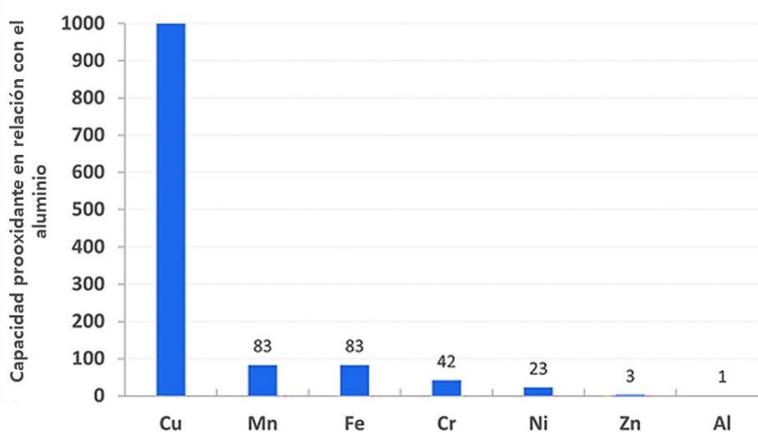


Figura 11. Metales de transición y su propensión relativa a participar en la oxidación de aceites.

Fuente: (Musakhanian et al., 2022)

B) Propagación y ramificación

La fase de propagación y ramificación se caracteriza por una reacción en cadena en la que el radical peroxil (ROO^{\bullet}) extrae rápidamente un átomo de hidrógeno rápidamente de otra molécula RH (sustrato), lo que da lugar a la formación de hidroperóxidos (ROOH), durante el proceso se consume oxígeno para que se formen nuevos radicales, peróxidos e hidroperóxidos estos en las primeras fases de propagación son predominantes debido a la velocidad formación que tienen debido a la concentración del sustrato (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

La interacción entre el oxígeno atmosférico y el sustrato orgánico no ocurre de forma directa, sino a través de reacciones mediadas por radicales, estos radicales reaccionan a velocidades que pueden verse reducidas por antioxidantes o aumentadas por prooxidantes (metales de transición, luz UV, altas concentraciones de oxígeno, enzimas, etc.), la extracción del átomo de hidrogeno representa la etapa clave que limita la velocidad del proceso oxidativo, ya que este proceso continua indefinidamente hasta que no exista ningún fuente de hidrogeno disponible o la cadena sea interceptada (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

Tabla 20.

Propagación y posibles esquemas de reacciones para hidroperóxidos

Formación	Descomposición
$ROO^\bullet + RH \rightarrow ROOH + R^\bullet$	$ROOH + M^{2+} \rightarrow RO^\bullet + OH^- + M^{3+}$
$ROOH \rightarrow ROO^\bullet + H^\bullet$	$ROOH + M^{3+} \rightarrow ROO^\bullet + H^+ + M^{2+}$
$ROO^\bullet + R'H \rightarrow ROOH + R'\bullet$	$ROOH \rightarrow RO^\bullet + \bullet OH$
Limitado por la concentración del sustrato	Descomposición térmica
$R^\bullet + {}^3O_2 \rightarrow ROO$	$2ROOH \rightarrow RO^\bullet + H_2O + ROO$
Reacción rápida	Reacción de alta energía de activación

Fuente: (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

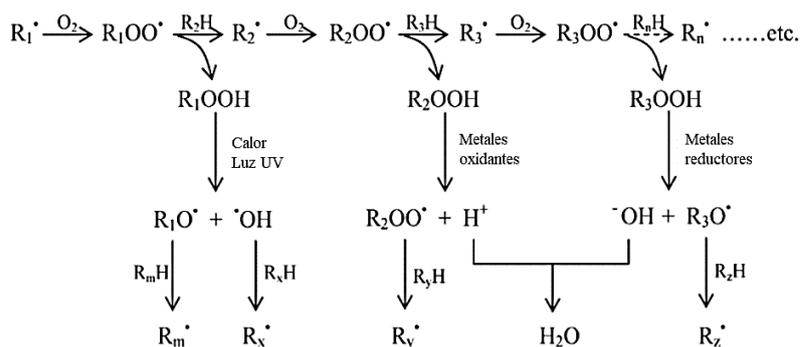


Figura 12. Propagación y ramificación de la oxidación.

Nota. Adaptado de Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079.

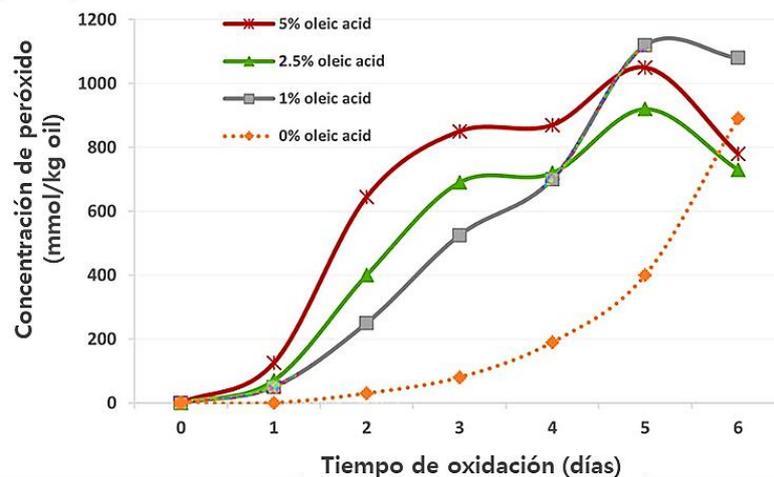


Figura 13. Formación de hidroperóxidos lipídicos en función de la concentración de ácidos grasos libres (oleico) en aceites durante el almacenamiento a 15°C en la oscuridad.

Fuente: (Musakhanian et al., 2022).

La figura muestra la evolución de la concentración de peróxidos en aceites con distintos niveles de ácido oleico libre durante seis días de almacenamiento a 15 °C en oscuridad, se observa que la formación de hidroperóxidos, productos primarios de la oxidación lipídica, es más rápida y alcanza valores más altos en las muestras con 5% y 2.5% de ácidos grasos libres, mientras que las de 1% y 0% presentan un aumento más lento y menores concentraciones, casi al final del periodo experimental, la leve disminución de peróxidos sugiere su descomposición en compuestos secundarios, lo que confirma que un mayor contenido de ácidos grasos libres incrementa la susceptibilidad del aceite a la oxidación (Musakhanian et al., 2022).

C) Terminación

La fase de “terminación” es cuando todo el oxígeno disponible se consume y/o el sustrato oxidizable se agota, el proceso alcanza un estado llamado estacionario, indicado por un plateau (periodo donde la velocidad de oxidación disminuye significativamente o

se estabiliza, después de un periodo inicial de rápida oxidación) en la concentración de peróxido, en este punto la tasa de formación de hidroperóxido es igual a su tasa de descomposición, en ausencia de sustrato oxidizable o de oxígeno, comienza la fase de terminación donde la tasa de descomposición de hidroperóxido excede su formación (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

“Según IUPAC, la terminación puede definirse como cualquier reacción química en la que un portador de cadena se convierta irreversiblemente en una especie no propagadora” (Durand et al., 2025).

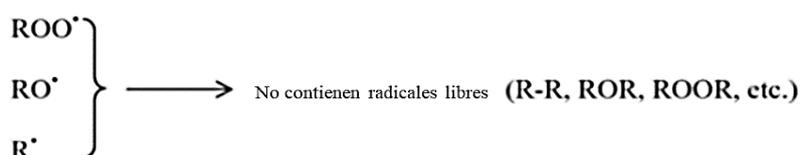


Figura 14. Terminación de la oxidación.

Nota. Adaptado de Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079.

A continuación, se presenta una figura que resume las tres fases de la oxidación, en la fase de iniciación de la oxidación el valor del peróxido es bajo, pero va aumentando gradualmente para que en la fase de propagación tener un aumento exponencial como se muestra en la Fig 14, en la fase de propagación la tasa de formación de hidroperóxido excede a su tasa de descomposición (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

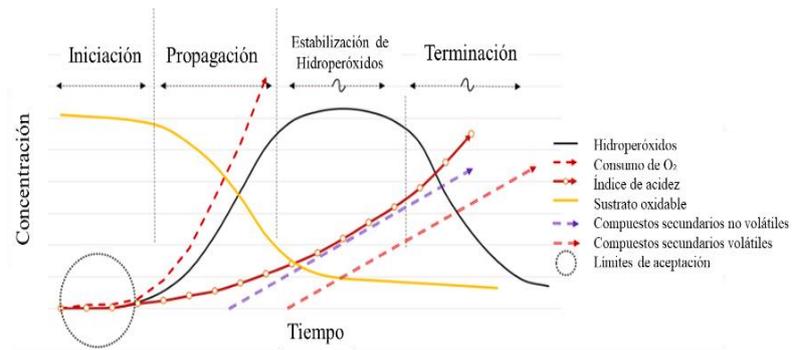


Figura 15. Esquemas cinéticos de los principales eventos durante las fases de iniciación, propagación y terminación de la oxidación.

Nota. El círculo punteado indica el rango de tolerancia para los valores de peróxidos e índice de acidez (Finley & DeMan, 2018; Hovorka, 2001). Fuente: Musakhanian, Rodier, & Dave (2022).

La oxidación lipídica es un proceso fundamental en la degradación de lípidos insaturados presentes en aceites, particularmente en aquellos ricos en aceites y grasas, y se desarrolla en tres fases: iniciación, propagación y descomposición o terminación (Wang et al., 2023).

En la etapa de iniciación, la molécula de lípido (RH) reacciona con agentes iniciadores como la luz ($h\nu$), calor, metales traza (Mn^+) o especies reactivas del oxígeno (O_2), generando radicales libres lipídicos ($R\bullet$), estos radicales reaccionan con oxígeno molecular, formando radicales peroxilo ($ROO\bullet$), que a su vez abstraen hidrógeno de otras moléculas de lípido, generando hidroperóxidos lipídicos ($ROOH$) y perpetuando la reacción en cadena, los hidroperóxidos, aunque inicialmente estables, se descomponen en presencia de luz, calor o metales, dando lugar a nuevos radicales ($RO\bullet$, $HO\bullet$) que inician nuevas reacciones y forman productos secundarios como aldehídos, cetonas, alcoholes, epóxidos, peróxidos cíclicos y polímeros (Geng, Liu, & Zhang, 2023; Domínguez et al., 2019, como se citó en Wang et al., 2023).

Estos compuestos son responsables de alteraciones sensoriales como rancidez, pérdida de valor nutricional y potencial formación de sustancias tóxicas. Además, se producen reacciones de ciclación, adición, ruptura y recombinación que generan estructuras más complejas, como endoperóxidos, dímeros y polímeros, afectando directamente la calidad de los productos durante su almacenamiento (Ghnimi et al., 2017; Markovic et al., 2020; Waraho et al., 2011, como se citó en Wang et al., 2023).

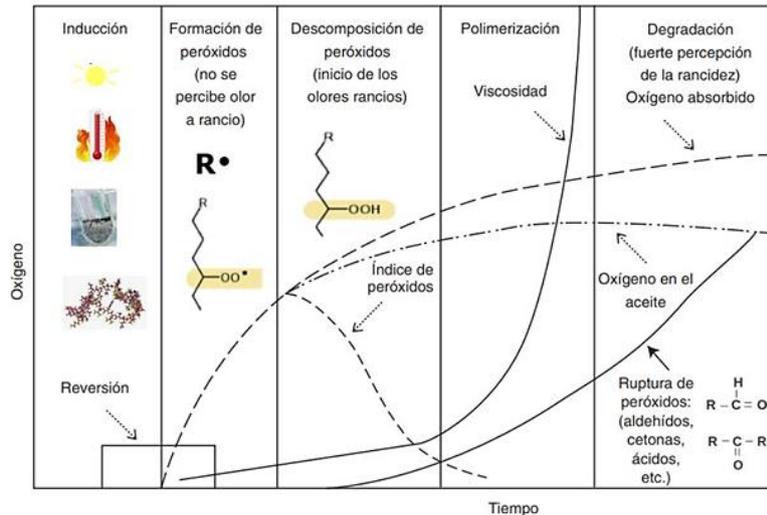


Figura 17. Detalle de fases de la Oxidación de los aceites vs productos generados.

Fuente: Duque (2024).

La termooxidación es una forma acelerada de oxidación lipídica inducida por la temperatura, a medida que la temperatura aumenta, los hidroperóxidos se descomponen con mayor rapidez, favoreciendo la formación de radicales alquilo y alcoxilo, mientras disminuye la acción de los radicales peroxilo, además la oxidación a altas temperaturas conduce a la aparición de oligómeros, polímeros con enlaces C-C y compuestos epoxídicos o etéricos, diferentes a los productos generados en condiciones de baja temperatura como los hidroperóxidos, que aumentan su descomposición en temperaturas de 50-60°C, pero necesitan de catalizadores (Duque, 2024).

“Los aceites vegetales son más susceptibles a la degradación termooxidativa en función de su composición en ácidos grasos, en algunos estudios se ha reportado que la reacción de oxidación se duplica por cada aumento de 10°C de la temperatura” (Duque, 2024).

El incremento térmico acelera significativamente la reacción: a temperaturas moderadas la oxidación es irregular y lenta, mientras que por encima de los 80 °C el proceso se estabiliza y,

sobre los 100 °C, se intensifica de forma marcada, las investigaciones distinguen entre estudios de oxidación a temperatura moderada (<80 °C) para evaluar la estabilidad oxidativa, aplicados al almacenamiento de alimentos, y ensayos de alta temperatura (>130 °C), enfocados en procesos de cocción, fritura y horneado (Duque, 2024).

También se encuentra la oxidación enzimática en los lípidos, debido a las enzimas hidrolíticas, causan rupturas covalentes lo que provoca la presencia de una molécula de agua, las lipoxidasas o lipoxigenasas, que actúan sobre triglicéridos y generan hidroperóxidos, su actividad depende del pH, la temperatura y su centro activo con Fe^{2+} , mostrando afinidad por ácidos grasos poliinsaturados como el linolénico, linoleico y araquidónico (Duque, 2024).

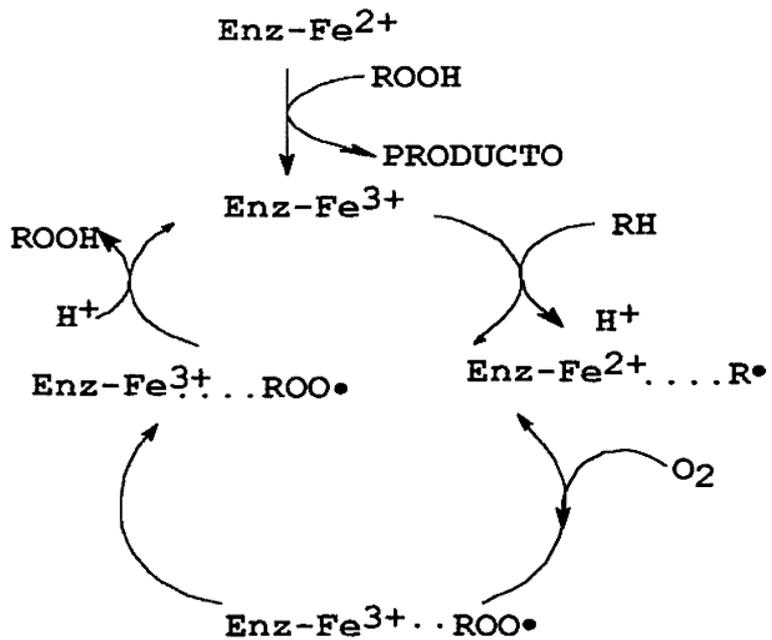
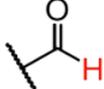
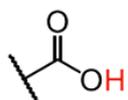
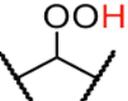
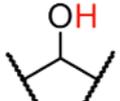


Figura 18. La iniciación enzimática de lípidos por Lipoxigenasas.

Fuente: Rojano,1997, citado por Duque, 2024.

Tabla 21.

Compuestos de oxidación lipídica identificados por resonancia magnética nuclear (NMR).

Productos de oxidación	Método convencional
Aldehídos	 GC (hexanal); p-Valor anisidinas
Ácidos carboxílicos	 Valores ácidos, valores de saponificación
Epóxidos	 HBr-acético titulación ácida; Valor de peróxido
Hidroperóxidos	 Valor de peróxidos
Hidróxidos	 Compuestos polares totales

Fuente: Ten Klooster et al., 2022, citado por Duque, 2024.

Los hidroperóxidos se producen en la etapa inicial de oxidación de los ácidos grasos, estos hidroperóxidos se forman debido a la abstracción de átomos de hidrogeno de los ácidos grasos o por la ruta de radical peroxilo, al ser añadidos a un doble enlace forman epóxidos, los cuales se originan a partir de sustratos monoinsaturados (Duque, 2024).

En la oxidación secundaria se forma una mezcla compleja de productos debido a las reacciones de descomposición del hidroperóxido, puede ser causado por la temperatura, medios de reacción y compuestos antioxidantes y prooxidantes, en general se forman a partir del radical alcoxi, se han identificados aldehídos (Duque, 2024).

Tabla 22.

Productos de reacción secundaria por descomposición de hidroperóxidos

Etapa	Compuesto / Producto	Características
Ácido graso + O ₂	Hidroperóxido (Producto primario)	Índice de peróxidos
Degradación de hidroperóxidos	Productos secundarios	Se forman tras la ruptura del hidroperóxido
	Dihidroperóxidos	Intermedios de oxidación
	Epidióxidos	Estructuras cíclicas oxigenadas
	Compuestos hidroxilados (alcoholes)	Productos de reducción parcial de hidroperóxidos
	Cetonas	Volátiles (responsables de olores rancios)
	Aldehídos y carbonilos no volátiles	Indicadores de oxidación secundaria (Índice de anisidina)
	Productos volátiles	Causantes de olores y sabores desagradables
	Dímeros y polímeros	Resultan de la polimerización de ácidos grasos oxidados

Nota. Adaptado de Duque (2024, p. 33).

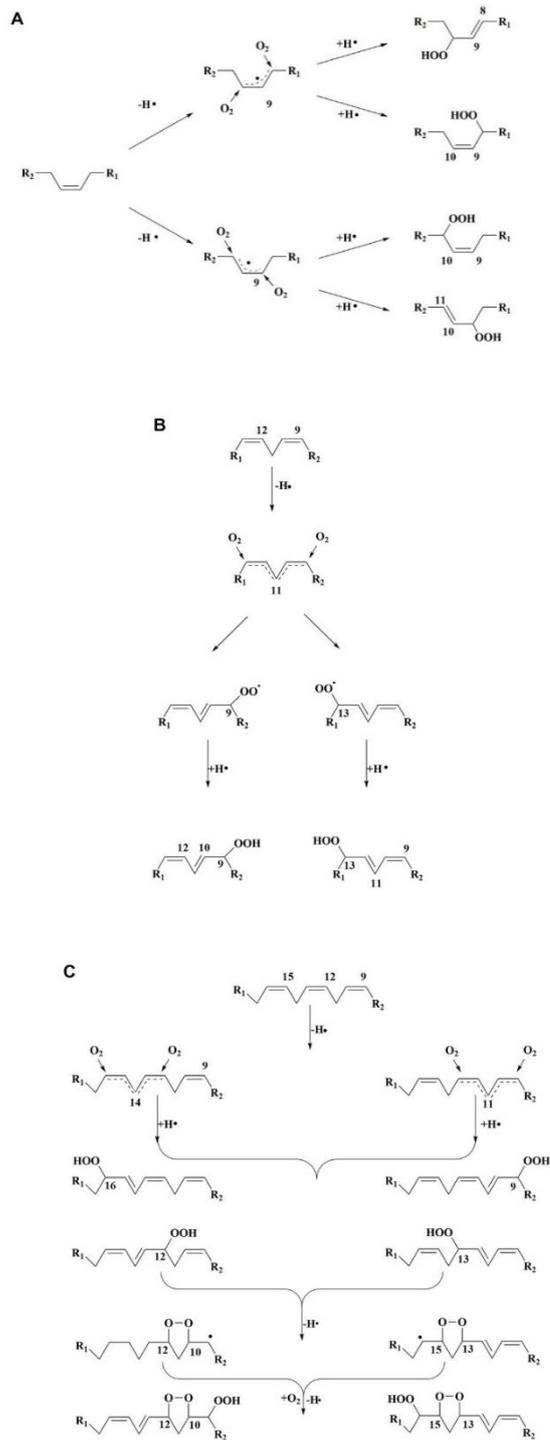


Figura 19. (A) Mecanismo clásico para la autooxidación del ácido oleico, (B) Mecanismo clásico para la autooxidación del ácido linoleico, (C) Mecanismo clásico para la autooxidación del ácido α -linolénico.

Nota. Reproducido de Geng, L., Liu, K., & Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1192199. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>

Como se muestra en la figura 19 el ácido oleico (monoinsaturado), al contener solo un enlace doble es más resistente a la oxidación en comparación con los ácidos poliinsaturados, dicha oxidación inicia con la abstracción de un hidrogeno en un carbono adyacente al doble enlace (posición alílica) generando un radical lipídico, este radical reacciona con oxígeno para formar un radical peróxido (ROO•), que posteriormente se convierte en un hidroperóxido, estos hidroperóxidos se forman principalmente en las posiciones C8, C9, C10 y C11, derivados de radicales formados en C8 o C11, debido a su baja cantidad de insaturaciones su oxidación es más lenta y menos propagativa (Geng, Liu, & Zhang, 2023).

El ácido linoleico (poliinsaturado) contiene dos enlaces dobles, debido a esto tiene más espacios susceptibles a la abstracción de hidrogeno, la formación del radical ocurre en la posición pentadienílica, además que se generan hidroperóxidos conjugados, principalmente en las posiciones C9 y C13 debido a la conjugación de los dobles enlaces, esta estructura favorece a la propagación de la reacción en cadena, lo que aumenta la formación de productos secundarios aldehídos, cetonas y compuestos volátiles que deterioran el sabor y olor de los alimentos (Geng, Liu, & Zhang, 2023).

El ácido α -linoléico (poliinsaturado) contiene tres enlaces dobles, este ácido es el más insaturado de los tres, debido a esto también es el más susceptible a la oxidación, la abstracción de hidrogeno ocurre típicamente en las posiciones C11 y C14, también forman radicales pentadienílicos, esta insaturación facilita una mayor formación de radicales y peróxidos promoviendo la rápida descomposición en productos tóxicos o indeseables, este ácido graso es el que necesita más atención, es importante protegerlo con antioxidantes y condiciones de almacenamiento adecuadas (Geng, Liu, & Zhang, 2023).

Entre mayor número de dobles enlaces, mayor susceptibilidad a la oxidación, la propagación de radicales aumenta con la insaturación debido a la mayor estabilidad de los radicales intermedios formados, dentro de los productos de degradación se encuentran los hidroperóxidos primarios que pueden descomponerse en compuestos secundarios como aldehídos (son las sustancias aromáticas críticas esenciales) y cetonas, impactando negativamente el aroma, sabor y el valor nutricional del alimento (Geng, Liu, & Zhang, 2023).

“La autooxidación es el principal proceso por el cual interactúan los ácidos grasos insaturados y el oxígeno, y por lo tanto producen un deterioro oxidativo de los alimentos” (Wang et al., 2023, p. 36), el conocimiento del proceso de autooxidación lipídica resulta fundamental para entender los mecanismos implicados en el deterioro oxidativo del aceite, lo que a su vez facilita el desarrollo de estrategias de conservación más eficaces, como el uso de antioxidantes naturales, con el fin de prolongar la vida útil y preservar la calidad sensorial del aceite (Wang et al., 2023).

“Un antioxidante es una molécula suficientemente estable como para donar un electrón a un radical libre y neutralizarlo, retardan o inhiben el daño celular, por recoger o eliminar los radicales libres, interfiriendo en las primeras fases de la oxidación” Serra et al. (2020).

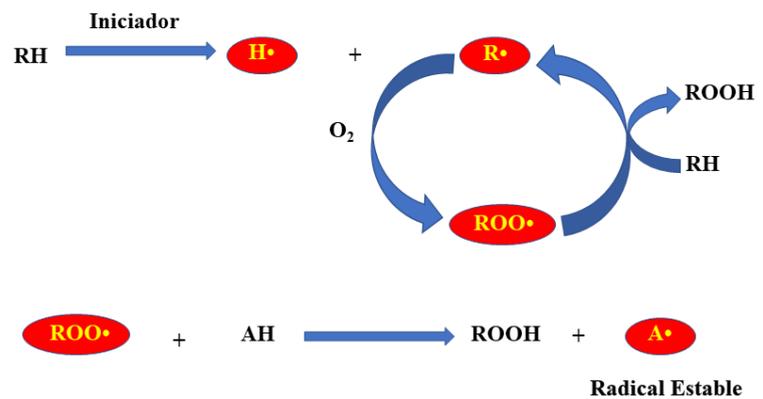


Figura 20. Mecanismo de oxidación lipídica en cadena y su inhibición por antioxidantes.

La figura muestra las principales etapas del proceso de oxidación lipídica: iniciación, propagación y terminación. En la fase de iniciación, un iniciador (como luz, calor o metales de transición) provoca la formación de radicales libres ($R\bullet$) a partir del sustrato lipídico (RH), en presencia de oxígeno molecular (O_2), se forman radicales peroxilo ($ROO\bullet$), que perpetúan la cadena oxidativa al atacar nuevas moléculas de sustrato, finalmente, antioxidantes (AH) pueden interrumpir este ciclo al neutralizar los radicales peroxilo, generando un radical estable ($A\bullet$), que no perpetúa la reacción.

Nota. Adaptado de Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079.

2.4.5.2. Mecanismos de los Antioxidantes

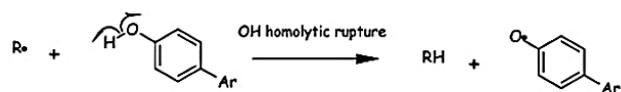
El mecanismo de transferencia de átomo de hidrógeno (Hydrogen Atom Transfer, HAT), donde la molécula antioxidante (comúnmente representada como $ArOH$) dona un átomo de hidrógeno al radical libre ($R\bullet$), esta transferencia implica la ruptura homolítica del enlace $O-H$ del antioxidante, como resultado, se forma una molécula RH menos reactiva y un radical fenólico ($ArO\bullet$), el cual presenta menor

reactividad que el radical libre original, debido a su mayor estabilidad química (Serra et al., 2020).

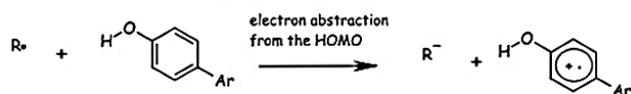
El mecanismo de transferencia de un solo electrón (Single Electron Transfer, SET), se basa en la capacidad del antioxidante para ceder un electrón, el proceso también involucra la ruptura homolítica de enlaces, pero enfocado en la transferencia del electrón desde el orbital molecular más alto ocupado (HOMO), en este caso, tanto el radical fenólico ($\text{ArO}\cdot$) como el radical hidroxifenólico ($\text{ArOH}\cdot$), generados durante la reacción con los radicales libres, presentan una distribución electrónica que permite la deslocalización del electrón desapareado sobre el sistema aromático, contribuyendo así a la estabilización del radical generado (Serra et al., 2020).

El mecanismo de quelación de metales de transición (Transition Metals Chelation), implica la capacidad de los polifenoles para formar complejos estables con ciertos iones metálicos como el cobre (Cu), manganeso (Mn) y cobalto (Co), estos metales, cuando no están ligados a proteínas o agentes quelantes, pueden actuar como catalizadores en la formación de radicales libres, al formar complejos con estos iones, los polifenoles impiden su participación en reacciones prooxidantes, reduciendo así la generación de especies reactivas del oxígeno (ERO) (Serra et al., 2020).

1. Hydrogen Atom Transfer (HAT)



2. Single Electron Transfer (SET)



3. Transition Metals Chelation (TMC)

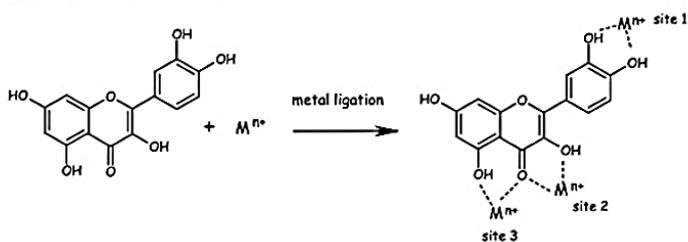


Figura 21. Mecanismos de actividad antioxidante (HOMO: homolytic rupture).

Fuente: (Leopoldini et al., 2011, como se citó por en Serra et al., 2020).

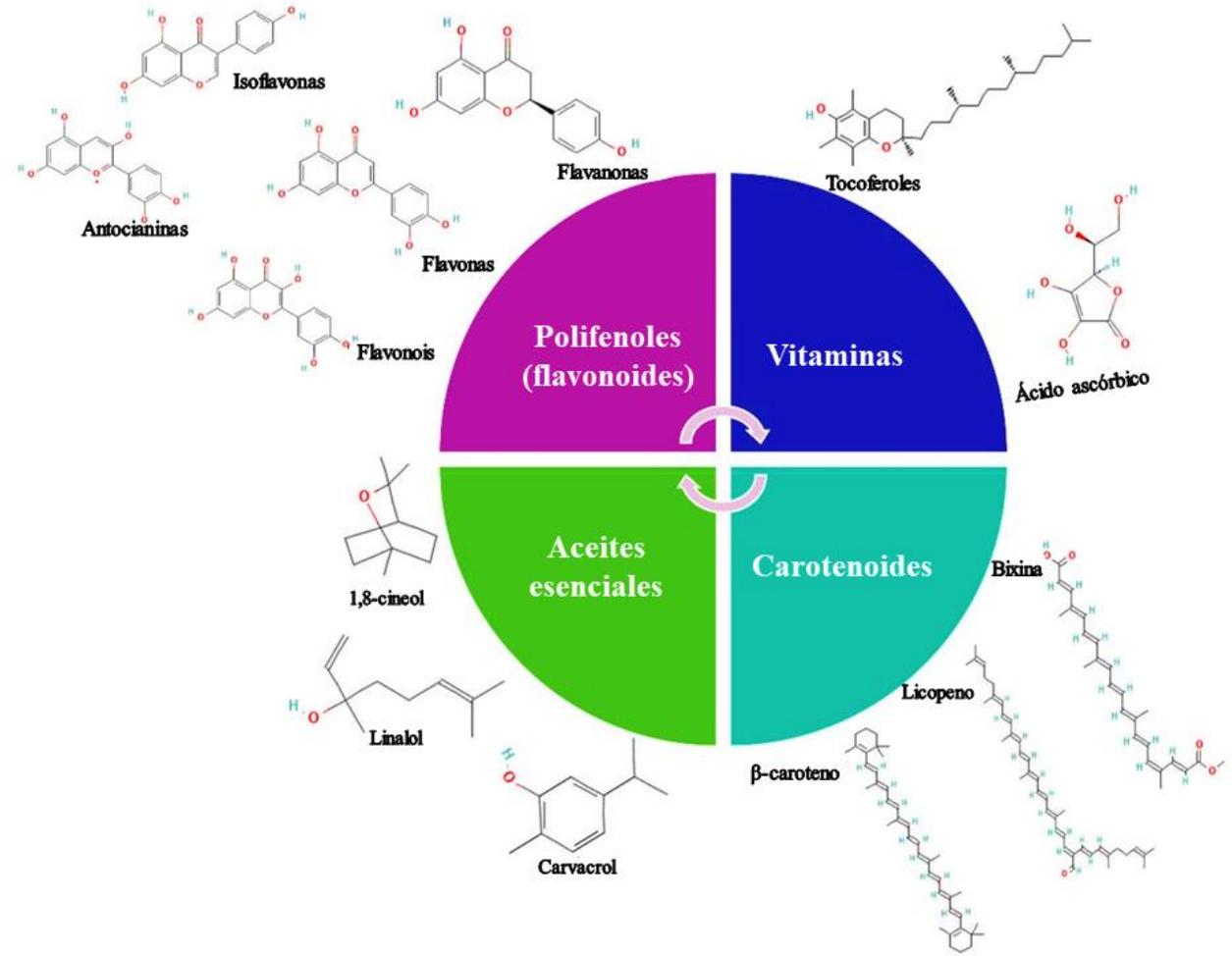


Figura 22. Principales compuestos antioxidantes naturales Adaptado de *Incorporation of Natural Antioxidants into Biodegradable Food Packaging: Enhancing Food Quality and Shelf Life* (Bruni, Alves, Campos, Carvalho, & Santos Júnior, 2025), *J. Braz. Chem. Soc.*, 36(9), e-20250074. 2025 Sociedade Brasileira de Química. Traducción propia.

Los polifenoles son compuestos naturales caracterizados por tener estructuras con uno o más anillo fenólicos y grupos hidroxilo (-OH), lo que les permite actuar como potentes antioxidantes, estas moléculas neutralizan radicales libres y protegen a las células del daño oxidativo, se clasifican principalmente en flavonoides (flavonols, flavones, flavanones, isoflavones, antocianinas), que tienen tres anillos aromáticos; stilbenes (como resveratrol) con dos anillos; y ácidos fenólicos (derivado del ácido benzoico y nicaámico), que contienen sólo un anillo, su capacidad antioxidante depende de estas estructuras, esto influye directamente en su eficiencia para eliminar compuestos oxidantes y estimular las defensas antioxidantes naturales (Bruni et al., 2025).

Tabla 23.

Principales antioxidantes de fuentes naturales

Antioxidantes	Ejemplos	Fuente
Tocoferoles	α -, β -, γ - y δ -tocoferol	Semillas, granos, frutos secos, aceites vegetales, etc.
Tocotrienoles	α -, β -, γ - y δ -tocotrienol	Aceite de palma, aceite de salvado de arroz
Ácido ascórbico	Ácido ascórbico, ascorbato	Frutas, vegetales, etc.
Carotenoides	β -caroteno, licopeno, astaxantina, fucoxantina	Zanahoria, tomate, pescado/mariscos, algas marinas, etc.
Compuestos fenólicos	Ácido ferúlico, quercetina, catequina, resveratrol, cianidina	Frutas, verduras, frutos secos, cereales, etc.
Péptidos	Ferritina, transferrina, lactoferrina	Leche, huevo, etc.
Enzimas antioxidantes	Superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa	Organismos vegetales y animales

Fuente: Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079.

<https://doi.org/10.1039/B922183M>

Los compuestos fenólicos como los tocoferoles y tocotrienoles, derivados del 6-cromanol, se diferencian estructuralmente en el número y posición de sus

grupos metilo y en la saturación de sus cadenas laterales, estas diferencias influyen directamente en su capacidad antioxidante, particularmente en la habilidad para donar hidrógenos fenólicos, el α -tocoferol destaca como el antioxidante más potente entre ellos, tanto tocoferoles como tocotrienoles contribuyen a la inhibición de la oxidación lipídica mediante la neutralización de radicales libres, estos compuestos en conjunto actúan como primera barrera natural contra la peroxidación lipídica, lo que los convierte en aliados fundamentales para la preservación de la calidad del aceite durante el almacenamiento (Serra et al., 2020).

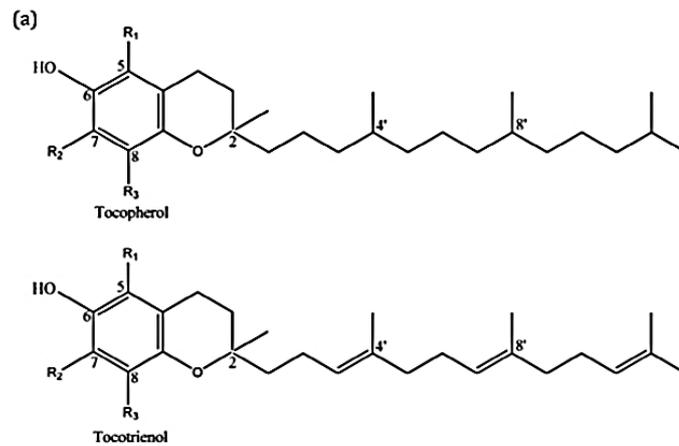


Figura 23. Estructuras químicas de tocoferoles y tocotrienoles

Fuente: Serra et al., (2020)

Los carotenoides son compuestos solubles en grasa presentes en frutas y verduras amarillas, naranjas y rojas, estructuralmente las moléculas tienen una cadena de 40 carbonos, formada por ocho unidades de isopreno, en algunos casos esta cadena llega a tener de 45 a 50 carbonos, los carotenoides se clasifican en dos grupos principales, compuestos no polares formados por átomos de carbono e hidrógeno (carotenos: β -caroteno, licopeno y bixin; y xantófilas), o compuestos polares que tienen grupos oxigenados como hidroxilos o cetonas (xantófilas: luteína, zeaxantina y astaxantina), estos compuestos tienen propiedades antioxidantes y antimicrobianas, proporcionando una mayor vida útil al producto (Dar et al., 2024 citados por Bruni et al., 2025).

La función de los carotenoides como antioxidantes se basa en la neutralización del oxígeno singlete y la eliminación de radicales peroxilo lipídico, previniendo la oxidación de los lípidos, estos compuestos son una solución sostenible para preservar la calidad nutricional (Lu et al., 2021 citados por Bruni et al., 2025).

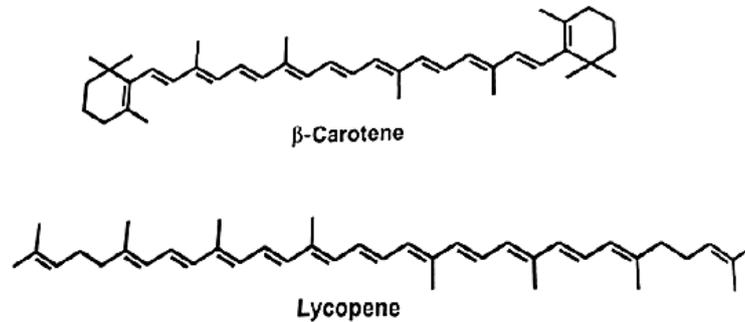


Figura 24. Estructuras químicas de carotenoides.

Fuente: Serra et al., (2020).

“Los fenoles son compuestos que contienen anillos aromáticos (fenil) con al menos un grupo hidroxilo añadido, el grupo hidroxilo del fenol es ácido, lo que facilita la estabilización de un oxígeno desprotonado sustituyente” (Serra et al., 2020).

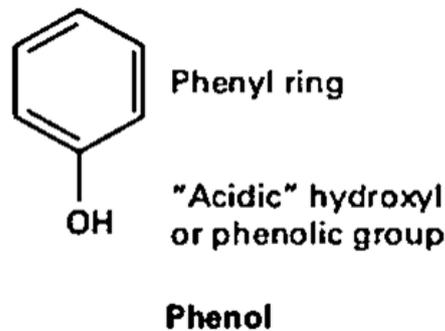


Figura 24. Estructura de un fenol.

Fuente: Serra et al., (2020).

Los flavonoides estructuralmente tienen tres anillos aromáticos, que son modificados para producir varias subclases, como antocianinas (pigmentos), proantocianidinas (taninoscondensados), isoflavonoides, flavones y flavonoles (Serra et al., 2020).

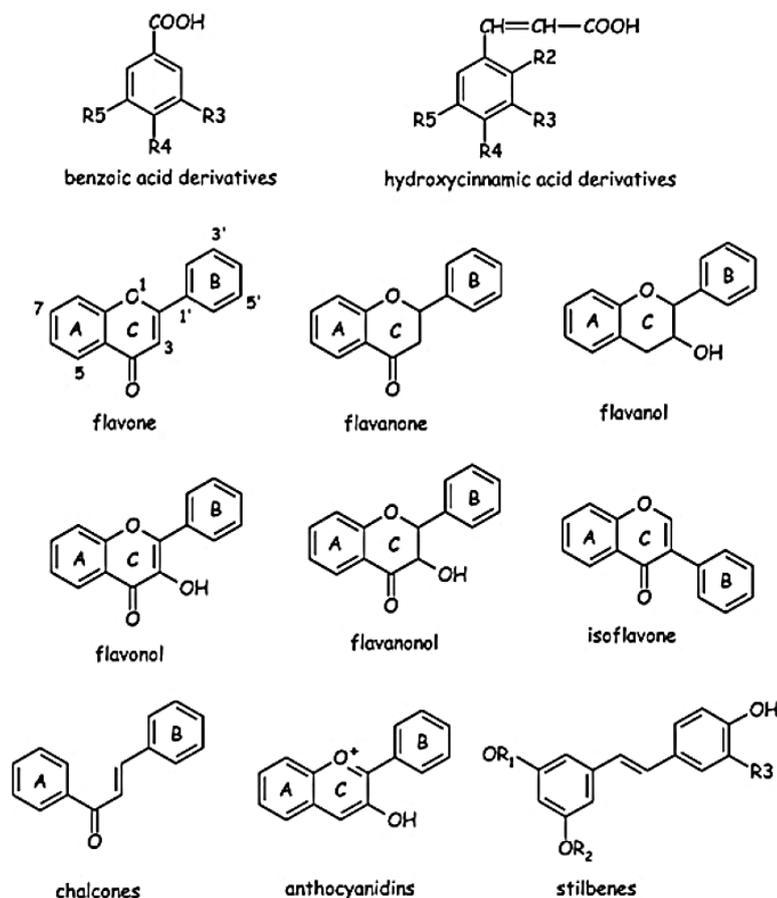


Figura 25. Estructuras básicas de ácidos benzoicos, flavonoides y estilbenos.

Fuente: Serra et al., (2020).

2.4.6. Estabilidad Oxidativa

La estabilidad oxidativa se considera un parámetro fundamental para evaluar la calidad de los aceites y grasas, ya que permite determinar qué tan resistentes son al deterioro por oxidación (rancidez oxidativa), especialmente durante el almacenamiento y las fases de procesamiento, la estabilidad depende de múltiples factores, entre ellos, la composición de ácidos grasos presentes en la matriz lipídica, la presencia de metales como el hierro que pueden actuar como catalizadores, y la presencia de antioxidantes o sustancias foto sensibilizantes como la clorofila, que pueden acelerar o ralentizar el proceso de rancidez (Serra et al., 2020).

Asimismo, la estabilidad oxidativa corresponde a la capacidad de los lípidos para mantenerse sin cambios frente a procesos de oxidación, los cuales son

desencadenados principalmente por factores como la temperatura, la exposición a la luz y el contacto con el oxígeno, lo que provoca el deterioro del aceite en un tiempo relativamente breve (Alberca & Huanca, 2015; citados por Núñez e Hidalgo, 2021).

2.4.6.1. Método Rancimat

El método Rancimat se utiliza para evaluar la estabilidad oxidativa de aceites y grasas sometidos a condiciones aceleradas de deterioro, se basa en inducir la oxidación de la muestra mediante la exposición a temperaturas elevadas y un flujo constante de aire, lo que permite determinar el llamado tiempo de inducción o periodo en el que el aceite mantiene su estabilidad, una vez superado este punto, el producto comienza a mostrar signos de degradación, lo que indica una disminución de su calidad y de su vida útil (Almoselhy, 2021).

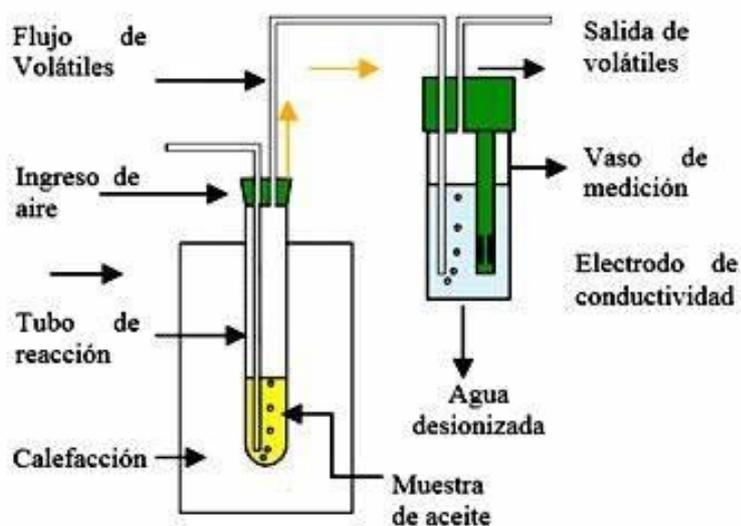


Figura 26. Principio del método Rancimat

Fuente: METROHM (2010), citado por Nuñez e Hidalgo (2021).



Figura 27. Equipo Rancimat.

2.4.7. Cromatografía de gases en aceites vegetales

La cromatografía de gases es una técnica instrumental empleada para separar y examinar los compuestos presentes en mezclas complejas mediante el uso de un gas como fase móvil, este gas, llamado acarreador, desplaza los componentes a través de una columna cromatográfica, facilitando su separación, generalmente se utiliza helio, pero también pueden emplearse gases como nitrógeno, hidrógeno, argón o metano, dependiendo de las características del análisis Lifeder (2022).

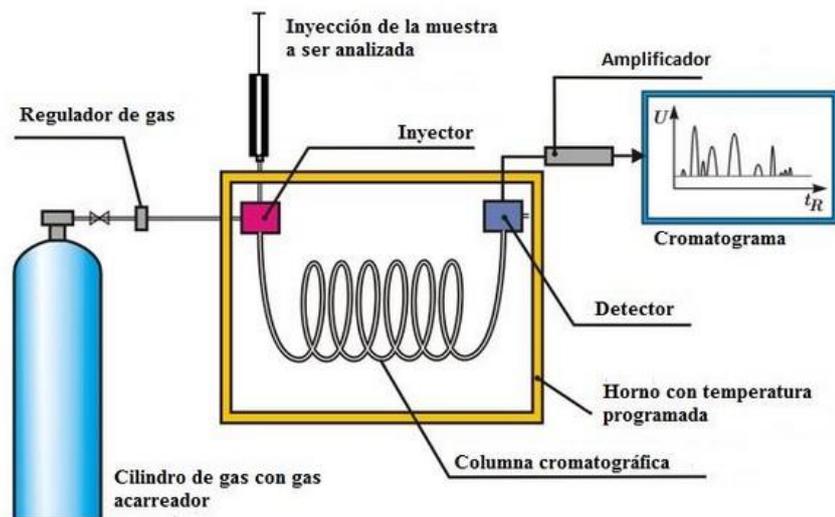


Figura 28. Esquema de cromatógrafo de gases

Fuente: Lifeder (2022).

Un cromatógrafo de gases cuenta con un sistema en el que se puede controlar tanto la presión y el flujo del gas acarreador como la temperatura del horno que rodea la columna, desde el cilindro fluye helio, que se distribuye entre el inyector y el detector según el tipo de análisis, la muestra se introduce mediante una microjeringa, liberando un volumen en el rango de microlitros de forma inmediata, lo que permite su rápida vaporización gracias al calor del inyector y del horno, pero la temperatura debe ser lo suficientemente alta para evaporar la muestra sin comprometer la fase estacionaria líquida de la columna, evitando así su deterioro Lifeder (2022).

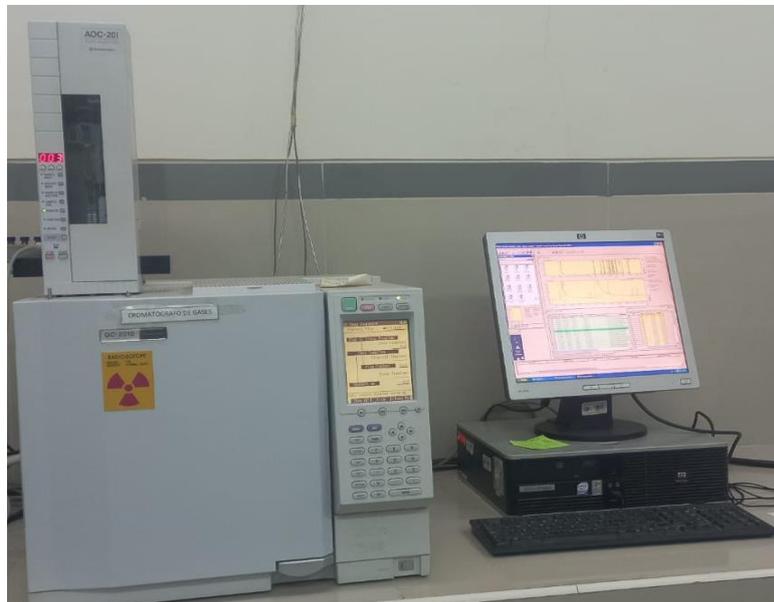


Figura 29. Cromatógrafo de gases

2.4.8. Características fisicoquímicas del aceite

2.4.8.1. Índice de refracción

Determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo, este parámetro está relacionado con la estimación de la pureza de sustancias (Mohammed et al., 2024).

2.4.8.2. Densidad

La densidad corresponde a la masa de una sustancia por unidad de volumen. Según Aceites de las Valdesas (2020), citado por Hidalgo y Nuñez (2021), en el caso de la mayoría de los aceites minerales y vegetales, su densidad relativa varía entre 0.840 y 0.960.

2.4.8.3. Índice de acidez

Se determinó el índice de acidez (mg KOH/g), se define como los miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 g de aceite, el valor de ácido representa el nivel de ácidos grasos no esterificados (libres), un aumento en el valor de ácido en excipientes envejecidos puede indicar ácidos grasos desprendiéndose de sus moléculas parentales (solo en glicéridos, polioxilglicéridos, ésteres de polietilenglicol, fosfatidatos y polisorbatos) o la liberación de ácidos carboxílicos más pequeños (fórmico, acético) debido a la descomposición oxidativa, relacionada con el estrés oxidativo pero de naturaleza hidrolítica, estas reacciones son catalizadas metales, presencia de calor o aumento de la presión atmosférica, el índice de acidez es un indicador de un efecto de caída del estrés oxidativo más no de una medida directa de la oxidación (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

2.4.8.4. Índice de peróxidos

Se determinó el índice de peróxidos (mq O activo/kg), el cual mide la concentración de hidroperóxido, indica el potencial o progresión de oxidación que tienen los aceites, sirve para el reconocimiento del comienzo y progreso de la oxidación (Musakhanian, Rodier, & Dave, 2022).

2.4.8.5. Índice de yodo

Es la medida de la instauración de los aceites, se define como la cantidad de gramos de yodo que son absorbidos por 100 gr de grasa (Núñez e Hidalgo, 2021).

2.4.8.6. Índice de anisidina

El índice de p-anisidina permite cuantificar los aldehídos presentes en un aceite, derivados de la oxidación secundaria de los ácidos grasos insaturados presentes (Singh et al., 2022). Esta prueba evalúa la cantidad de radicales libres que provocan la actividad oxidativa (Duque, 2024).

2.4.8.7. Valor TOTOX

El valor TOTOX (Total de Oxidación) se emplea para representar el nivel total de oxidación que ha experimentado un aceite (SALFRESH, 2012; citado por Núñez e Hidalgo, 2021).

$$\text{TOTOX} = 2x\text{IP} + \text{IA}$$

Donde, IP es el valor de índice de peróxidos expresado en meqO₂/kg, IA el índice de anisidina expresado también en meqO₂/kg.

2.4.8.8. Cromatografía de gases en aceites vegetales

A) Perfil de ácidos grasos

Se determinó de acuerdo a lo planteado en el método oficial AOAC 996.06, usando el equipo para cromatografía de gases marca Shimadzu; modelo GC-2010.

2.4.9. Estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa de los aceites se determinó en el equipo Rancimat. Se trabajó a temperaturas de 110, 120 y 130°C, con un flujo de aire de 15 L/H. Los datos obtenidos por el equipo vienen dados por el periodo de inducción IP, que permiten predecir la estabilidad del aceite o la vida útil a diferentes temperaturas (Akcicek et al., 2021; Mora Ruiz et al., 2023; citados por Duque, 2024).

2.4.9.1. Índice de estabilidad oxidativa (OSI)

El método relata que el índice de estabilidad oxidativa (OSI) mide el tiempo de inducción mediante el trazado de la conductividad contra el tiempo. Se utilizó el método AOCS Cd 12b-92 en el Metrohm Rancimat 743.

2.4.9.2. Estimación de vida útil

La vida útil de los aceites puede estimarse mediante el uso del equipo Rancimat, tanto a temperaturas de almacenamiento (5 y 25°C) y temperaturas elevadas. En caso de los aceites de semilla

de zapallo macre y melón, se evaluaron las temperaturas 110, 120 y 130°C.

2.4.9.3. Método Rancimat

El método Rancimat, incluido en los estándares nacionales e internacionales (OSI, AOCS Cd 12b-92), es la prueba automatizada del AOM, que mide el grado en el que un aceite se oxida cuando se hace burbujear aire a través de él.

2.4.9.4. Relación entre la estabilidad oxidativa y la temperatura

La vida útil de los aceites puede estimarse mediante el uso del equipo Rancimat, tanto a temperaturas de almacenamiento (5 y 25°C) y temperaturas elevadas. En caso del aceite de semilla de zapallo macre y melón, se evaluaron las temperaturas 110, 120 y 130 °C. Además la vida útil del aceite también puede determinarse mediante un proceso de extrapolación aplicado a las temperaturas comunes de almacenamiento en este caso (5 y 25°C). Se establece una relación matemática entre los valores del índice de estabilidad oxidativa (OSI) y las temperaturas utilizadas en el análisis, con el equipo Rancimat, donde el término A es el coeficiente de temperatura que representa la sensibilidad del aceite al aumento de temperatura durante la oxidación acelerada, obtenido de la pendiente de la curva log(OSI) vs. temperatura y el término B indica un valor empírico sin significado físico, además la ecuación (I) permite estimar el valor de OSI (tiempo de inducción) a temperaturas distintas a las de la oxidación acelerada, mediante interpolación o extrapolación hacia condiciones típicas de almacenamiento (Villanueva, Castillo y Rodríguez, 2013; citados por Núñez e Hidalgo, 2021).

$$\mathit{Log} (OSI) = A + BT \dots (I)$$

2.4.9.5. Relación entre la estabilidad oxidativa y la energía de activación

Este parámetro se determinó a partir de la pendiente de la recta generada al graficar el logaritmo natural de los valores de OSI frente al inverso de la temperatura absoluta (°K), en esta relación, R corresponde a la constante universal de los gases y Z al factor pre-exponencial definido en la ecuación de Arrhenius (Villanueva et al., 2013; citados por Núñez e Hidalgo, 2021).

La energía de activación de las reacciones de oxidación de los aceites vegetales vírgenes se determinó utilizando la dependencia de los valores de OSI con respecto a la temperatura termodinámica, los autores refieren que la adición de los radicales de oxígeno a los ácidos grasos se produce preferentemente en los enlaces dobles entre los átomos de carbono, siguiendo cinéticas de primer orden (Villanueva et al., 2013; citados por Núñez e Hidalgo, 2021).

Según estos autores se puede hacer uso de la ecuación:

$$\alpha = \frac{x}{a_0 - x} \dots \text{(II)}$$

Donde:

α = grado de transformación de las moléculas

a_0 = instauraciones iniciales

x = productos secundarios de la oxidación

Se integra la ecuación (II)

$$\int_{\alpha=\alpha_0}^{\alpha=\alpha^*} \frac{d\alpha}{1-\alpha} = \int_{t=t_0}^{t=t^*} dt \dots \text{(III)}$$

Donde:

α^* = *grado de transformación para un tiempo t^* o periodo de inducción*

Se resuelve la ecuación (III) y se obtiene la ecuación (IV)

$$-\ln(1 - \alpha^*) = Kt \dots \text{(IV)}$$

Se define t^* como OSI y se despeja la ecuación (IV) y se obtiene la ecuación (V)

$$OSI = \frac{-\ln(1 - \alpha^*)}{K} \dots \text{(V)}$$

Los autores establecieron la relación entre la constante de velocidad y la temperatura termodinámica (T) utilizando la ecuación de Arrhenius (VI).

$$K = Z e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots \text{(VI)}$$

Se sustituye la ecuación (V) en (VI) y se aplica logaritmo, obteniendo la ecuación (VII)

$$\ln(OSI) = \ln\left(\frac{-\ln(1 - \alpha^*)}{Z}\right) + \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \dots \text{(VII)}$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El proyecto se ejecutó en el Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA), laboratorio de Microbiología y Toxicología, y laboratorio de Nutrición, ubicados en el segundo y tercer piso respectivamente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) de la Universidad Nacional del Santa en Nuevo Chimbote.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

Las semillas de zapallo macre (*Curcubita máxima*) y las semillas de melón cantalupo (*Cucumis melo*) fueron recolectadas en el mercado “La Perla - Chimbote” y en la heladería D’onofrio, ubicada en el centro de la ciudad de Chimbote, respectivamente. El zapallo macre procede de la provincia del Santa, mientras que el melón cantalupo proviene de la región de la Libertad.

3.2.2. Equipos y materiales de laboratorio

3.2.2.1. Reactivos

- Acetona
- Ácido acético glacial (CH_3COOH)
- Ácido clorhídrico HCl
- Ácido gálico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$)
- Alcohol 96%
- Anisidina cristalina
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20%
- Cloroformo (CHCl_3)
- Estándares de ácidos grasos
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína (solución etanólica al 1%)
- Gas nitrógeno (de alta pureza)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Isooctano

- Metanol HPLC (CH₄O)
- Reactivo Wijs
- Solución de almidón al 1%.
- Ioduro de potasio (KI)
- Tiosulfato

3.2.2.2. Materiales de vidrio

- Tubos de ensayo
- Frascos de vidrio ámbar 100 ml
- Crisoles
- Placas Petri.
- Matraz Erlenmeyer de 250 y 500 ml
- Pipetas Pasteur punta larga de 1ml.
- Pipetas graduadas de 5 y 10 ml
- Depósito de vidrio de ½ L
- Probetas graduadas de 50 y 100 ml.
- Vasos precipitados 5 y 10 ml.
- Picnómetro de 5 ml
- Celdas para espectrofotómetro de vidrio óptico.
- Fiolas de 10, 100 y 500 ml.
- Viales transparentes y ámbar de 2, 5 y 10 ml, con tapa de goma.

3.2.2.3. Equipos

- Estufa Marca: lab line / Thermo scientific, Modelo: 3511-1
- Secador de bandejas
- Molino Marca: CORONA, Serie: P-Granos
- Expeller Karaerler, NF80, NF802020312
- Prensa hidráulica NEO Modelo PH 1020
- Rancimat, Marca: Metrohm, Modelo 743.
- Cromatógrafo de gases Marca: Shimadzu, Modelo: GC-2010
- Centrífuga SIGMA modelo 2-16.

- Centrífuga refrigerada SIGMA modelo 4-16 KS.
- Balanza analítica Marca: Precisa, Modelo: 220^a
- Multimodal
- Dumas
- Equipo: Baño María, Marca: AQUA BATH, Modelo: No 18007 A-1CEC
- Espectrofotómetro digital UV- VISIBLE, Marca: JASCO, Modelo: V-670.
- Mufla, Marca: THERMOLYNE, Serie: 347034984
- Refractómetro digital, Marca: RUDOLPH RESEARCH, Modelo: J-157, Serie: 14265.
- Ultrasonic Cell Disruptor Marca: Infitek, Modelo: USCG-1800.

3.2.2.4. Otros materiales

- Crisol de porcelana
- Tubos de centrifuga de 15 ml
- Papel aluminio
- Mortero
- Pipetas descartables
- Microplaca de 96 tubos.

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1. Determinación de tamaño y forma de semillas secas

Se recolectaron semillas de zapallo macre, obteniendo un total de 6.52 kg de semilla húmeda, posteriormente, las semillas fueron trasladadas al secador de bandejas, donde se sometieron a un proceso de secado durante 3 horas a una temperatura de 60 °C. Al finalizar el secado, se obtuvo un peso de 0.978 kg de semillas secas.



Figura 30. Medición del diámetro de la semilla de zapallo (diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor).

Se recolectaron semillas de melón cantalupo que luego se sometieron a un lavado con agua potable a temperatura ambiente para la eliminación de residuos del fruto, posteriormente, las semillas se sometieron a un proceso de secado solar durante 2 días. Al finalizar el secado, se obtuvo un peso de 1.826 kg de semillas secas.



Figura 31. Medición del diámetro de la semilla de melón (Diámetro menor).

Se calcularon las dimensiones axiales de las semillas de *Cucúrbita máxima* y *Cucumis melon*, seleccionándolos aleatoriamente para realizar las mediciones, se realizó la prueba con 100 unidades de cada variedad de semilla, se midieron las dimensiones largo, ancho y espesor para posteriormente calcular el diámetro medio aritmético (D_a), diámetro medio geométrico (D_g) y esfericidad (\emptyset), área de superficie específica y relación de aspecto (Gallegos et al., 2022).

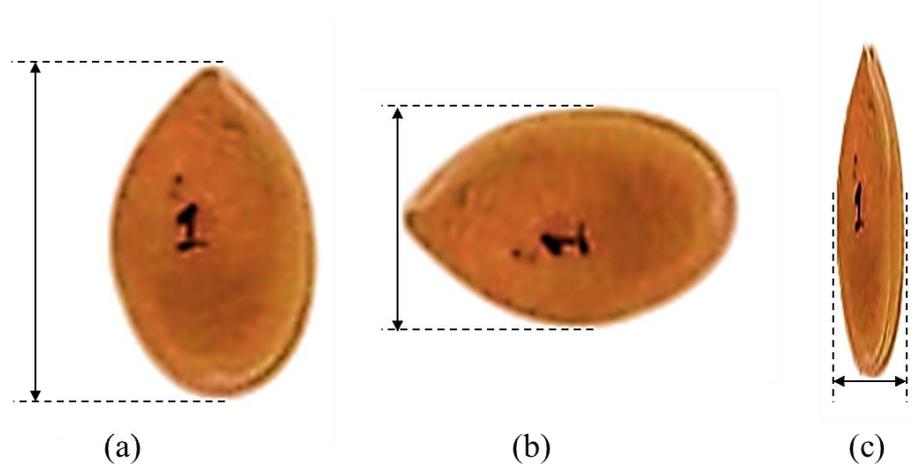


Figura 32. Diámetros de la semilla de zapallo (diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor).

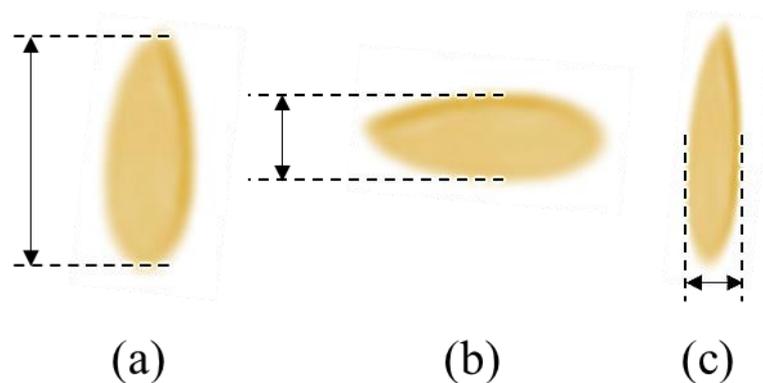


Figura 33. Diámetros de la semilla de melón (diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor).

3.3.1.1. Diámetro medio aritmético (Da)

Las dimensiones de las semillas representan un parámetro clave en los procesos de transformación, por lo que se calculó el diámetro medio aritmético utilizando la siguiente fórmula, para ello, se consideraron tres medidas principales: el diámetro mayor (a), el intermedio (b) y el menor (c) (Ordóñez et al., 2012, citados por Gallegos et al., 2022).

$$Da = \frac{(a + b + c)}{3}$$

3.3.1.2. Diámetro medio geométrico (Dg) y esfericidad (Ø)

El diámetro medio geométrico y la esfericidad se determinan a partir de las siguientes ecuaciones, considerando sus tres dimensiones (Gallegos et al., 2022).

$$Dg = (a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}}$$

$$\varnothing = \frac{(a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}}}{a}$$

3.3.1.3. Área superficial específica

El cálculo se realizó asumiendo que la semilla tiene forma elipsoidal, de acuerdo con la siguiente ecuación (Gallegos et al., 2022).

$$S = \pi(Dg)^2$$

3.3.1.4. Relación de aspecto

Para complementar la información sobre la forma de la semilla de zapallo, se calculó la relación de aspecto mediante la

siguiente ecuación (Ordóñez et al., 2012, citados por Gallegos et al., 2022).

$$Ra = \frac{b}{a} \times 100$$

3.3.2. Análisis proximal para la semilla y la almendra de *Cucúrbita máxima* y *Cucumis melo*

3.3.2.1. Humedad

La humedad de las semillas *cucúrbita máxima* y *cucumis melo* se determinó de acuerdo al método AOAC 934.06 (37.1.10) el A.O.A.C (1996).

$$\%H = \frac{P_m - (P_f - P_i)}{P_m} \times 100\%$$

Donde:

- %H: Humedad en porcentaje de masa
- P_m : Peso de la muestra
- P_f : Peso final de la placa con la muestra
- P_i : Peso de la placa vacía

3.3.2.2. Cenizas

De acuerdo al método AOAC 942.05.

3.3.2.3. Grasa

De acuerdo al método AOAC 922.06 (32.1.14).

3.3.2.4. Fibra

De acuerdo al método AOAC 2011.25

3.3.2.5. Proteína

De acuerdo al método AOAC 992.23-1992 (1998).

3.3.3. Análisis fisicoquímicos para el aceite de semilla de zapallo (*Cucúrbita máxima*) y Melón (*Cucumis melo*)

3.3.3.1. Índice de refracción

Se determino mediante el método a AOCS Cc-7-25, a una temperatura de 20°C, usando un refractómetro digital.

3.3.3.2. Densidad

Se determinó la densidad por picnometría, método IUPAC 2.101.

3.3.3.3. Índice de acidez

Se determinó mediante el método estandarizado descrito en la AOCS Cd 3d-63. El procedimiento para la determinación del índice de acidez consiste en pesar la muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, luego añadir 50 ml de alcohol neutralizado y caliente, agregar 2 gotas de solución de fenolftaleína alcohólica, luego titular con NaOH 0.1N, agitar hasta observar un color rosado ligero por último anotar el gasto para calcular el índice de acidez con la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{G \times V \times 28.2}{P}$$

Donde:

- *V*: Volumen de disolución de NaOH gastado en valoración (ml)
- *N*: Normalidad exacta de la disolución de NaOH
- *P*: Peso de la muestra de aceite (g)

3.3.3.4. Índice de peróxidos

Se determinó mediante el método estandarizado descrito en el método AOCS Cd 8b-90. El procedimiento para la determinación del índice de peróxidos consiste en pesar la muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, añadir 30 ml de solución de ácido acético (60%): cloroformo (40%) y agitar hasta que se disuelva, después añadir 0.5 ml de solución saturada de KI, agitar vigorosamente y se deja reposar en la obscuridad durante 1 minuto, luego se añade 30 ml de agua destilada y se agita vigorosamente durante

1 min, titular con tiosulfato de sodio 0.1 N, agitando vigorosamente hasta que el color amarillo casi desaparezca, adicionar 0.5 ml de solución de almidón al 1 %. Titular de color azul a blanco. Si se gasta una cantidad menos a 0.5 ml de tiosulfato repetir la determinación con tiosulfato 0.01 N. Hacer un blanco con los reactivos utilizados

$$IP = \frac{Vt \times N \times 1000}{w}$$

Donde:

- *Vt*: Volumen gastado de Tiosulfato de sodio (ml)
- *N*: Normalidad exacta de la solución de Tiosulfato de sodio (0.1N)
- *W*: Peso de la muestra de aceite (g)

3.3.3.5. Índice de yodo

Se determinó mediante el método de Wijs: cloroformo establecido por la AOAC 920.158.

3.3.3.6. Índice de anisidina

Conforme al método AOCS Cd 18-90.

3.3.3.7. Valor TOTOX

Conforme al método AOCS Cd 18-90.

3.3.3.8. Perfil de ácidos grasos

Se determinó de acuerdo a lo planteado en el método oficial AOAC 996.06, usando el equipo para cromatografía de gases marca Shimadzu; modelo GC-2010.

3.3.4. Estabilidad oxidativa

Se utilizó el método AOCS Cd 12b-92 de acuerdo a lo planteado en la norma internacional, con la aplicación del equipo Rancimat marca Metrohm, modelo 743 el cual tiene de las siguientes etapas:

A) Preparación de muestra

Pesar aproximadamente (3.0 ± 0.1 g) de aceite para cada tubo de reacción, evitando que no se manchen las paredes del tubo.

B) Celda conductimétrica integrada

Los electrodos, previamente lavados de manera rigurosa con agua destilada, posteriormente con alcohol al 96 %, se colocan en la celda de medición de conductividad, la cual se encuentra incorporada en la tapa de los vasos de policarbonato. Al posicionar la tapa sobre dicho recipiente, la celda queda completamente sumergida en el agua y situada en la ubicación correcta para la medición. Simultáneamente, se establece la conexión con el sistema electrónico del equipo, permitiendo el inicio de la medición.

C) Análisis Rancimat

Se realizó bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura del bloque calefactor 110° , 120° y 130°C .
- Flujo de aire 15 L/H.
- Volumen de agua destilada 60 ml.
- Conductividad de agua destilada $1.2 \mu\text{S/cm}$

3.3.4.1. Estimación de vida útil

Para estimar la vida útil de las muestras de aceite (horas) se utilizó el método de extrapolación del Rancimat mediante la dependencia de los valores de OSI (tiempo) con respecto a la temperatura, con la siguiente fórmula donde el valor A es el coeficiente de temperatura, el cual se determina a partir de la pendiente de las rectas que se realizan en las curvas del gráfico de conductividad vs tiempo; este valor indica cuán susceptible es el aceite frente al incremento de temperatura. La constante B es un valor empírico, sin significación física.

$$\text{Log}(OSI) = AT + B$$

Donde:

OSI: Índice de Estabilidad Oxidativa (h)

T: Temperatura (°C)

A: Constante

B: Constante

3.3.4.2. Energía de Activación

Se determinó mediante la dependencia de los valores de OSI con respecto a la temperatura.

$$\text{Ln}(OSI) = \text{Ln}\left(\frac{-\text{Ln}(1 - \alpha')}{Z}\right) + \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$$

Donde:

OSI: Índice de Estabilidad Oxidativa (h).

T: Temperatura (°C).

E_a: Energía de Activación (KJ/mol).

R: Constante ideal de los gases.

Z: Factor de Arrhenius.

α': grado de transformación de moléculas insaturadas.

3.3.5. Perfil de Ácidos Grasos

Se determinó de acuerdo a lo planteado en el método oficial AOAC 996.06, usando el equipo para cromatografía de gases marca Shimadzu; modelo GC-2010, con los siguientes componentes y parámetros de análisis:

- Detector de ionización de llama (FID) - temperatura: 200 °C
- Columna capilar RT-2560 de sílice fundida - longitud: 100m, di: 0.25mm, df: 0.2 μm; velocidad: 1.20 ml/min, Ti = 100°C – Tf = 240°C

- Gases: Hidrógeno, helio y aire
- Gas de arrastre: Helio (He) a velocidad de 124.2 ml/min; y presión 261,5kPa
- Inyector AOC -20I - volumen de inyección: 1µl; Sistema de inyección: Split Ratio, temperatura del Split: 225°C.

La preparación de muestra se desarrolló de acuerdo al método FAMES.

3.4. METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE POR PRENSADO EN FRIO

3.4.1. Recepción de materia prima

Se recolectaron las semillas de zapallo macre (*Curcubita máxima*) y las semillas de melón cantalupo (*Cucumis melo*) fueron recolectadas en el mercado “La Perla - Chimbote” y en la heladería D’onofrio, ubicada en el centro de la ciudad de Chimbote, respectivamente. El zapallo macre procede de la provincia del Santa, mientras que el melón cantalupo proviene de la región de la Libertad.

3.4.2. Limpieza

Esta etapa consiste en eliminar los restos de pulpa en las semillas e impurezas (hojas, pequeñas ramas, pedazos de cáscara y tierra), lavarlas y escurrir el agua excedente de las semillas.

3.4.3. Pesado

Se procedió a pesar las muestras de ambos tipos de semillas para determinar su contenido de humedad, utilizando la termobalanza, el valor obtenido debe encontrarse por debajo del 10% de humedad para poder tener las condiciones óptimas de almacenamiento y posterior procesamiento.

3.4.4. Secado de semillas

El secado de las semillas se realizó siguiendo dos métodos según el tipo de materia prima, las semillas de zapallo fueron secadas en un secador de bandejas a una temperatura de 60 °C durante un periodo de 4 horas, mientras que las semillas de melón fueron sometidas a secado solar durante dos días consecutivos, ambos procesos tuvieron como finalidad reducir la humedad y facilitar la extracción de las almendras en el caso de las semillas de zapallo.

3.4.5. Descascarado manual

El descascarado de las semillas de zapallo se realizó manualmente para obtener almendras limpias y secas, la extracción de las almendras facilita la obtención del aceite y tener un procesamiento eficiente.

3.4.6. Acondicionamiento térmico

Calentar las almendras de semilla de zapallo (*cucúrbita máxima*) y semillas de melón (*Cucumis melo*), con una humedad inferior al 10 %, en un horno eléctrico a 90 °C durante 5 minutos, con el fin de aumentar la fluidez del aceite en la prensa hidráulica.

3.4.7. Prensado en frío

3.4.7.1. Prensa hidráulica

Respecto a las almendras de semilla de zapallo macre (*cucúrbita máxima*) y semillas de melón (*cucumis melo*), inmediatamente después del acondicionamiento térmico (90°C por 5 min), pasan a una prensa hidráulica para aplicar hasta 15 toneladas de presión, a temperatura ambiente (25°C) para extraer el aceite en una bandeja acoplada a la prensa, para luego recolectar el aceite crudo (aceite con una fracción fina de sólidos en suspensión) se usó una jarra medidora.

3.4.7.2. Expeller

La extracción mecánica de aceites a partir de almendras de semillas de zapallo macre (*cucúrbita máxima*) y de semillas de melón (*Cucumis melo*), se realizó a temperatura ambiente (25°C), frecuencia de 70 Hz, utilizando un expeller Karaerler, NF80, NF802020312 de tornillo helicoidal, el equipo se encuentra ubicado en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Nacional del Santa (IITA).

Las semillas, previamente acondicionadas y con humedad inferior al 10%, fueron alimentadas al expeller sin la tolva de

carga, durante el prensado, la mayor parte del material sólido fue expulsada por la abertura de descarga en forma de pellets compactos, que constituyen la torta residual, mientras que el aceite crudo (aceite con una fracción fina de sólidos en suspensión) obtenido se recogió en una jarra medidora.

3.4.8. Centrifugación del aceite virgen extraído

Los aceites brutos se sometieron a centrifugación a 3500 rpm durante 30 minutos en una centrífuga refrigerada SIGMA modelo 4-16 KS., finalizado el proceso de centrifugación, se separó y descartó el sedimento (material sólido e impurezas), conservando únicamente el sobrenadante, correspondiente al aceite clarificado, en frascos ámbar, el rendimiento de aceite se realizó por método gravimétrico y se expresó como porcentaje en peso (g aceite/100 g semilla).

3.4.9. Almacenamiento del aceite clarificado

Los aceites de semilla de zapallo (*cucúrbita máxima*) y semilla de melón (*cucumis melo*), obtenidos por prensado mecánico y clarificado con centrifugación, se guardó en frascos ámbar, pero antes de almacenarlo, se le añadió nitrógeno puro (99.99%) para evitar que se oxide, después, se mantuvo en refrigeración a 5°C (no se usaron antioxidantes).

3.5.PROCESO EXPERIMENTAL

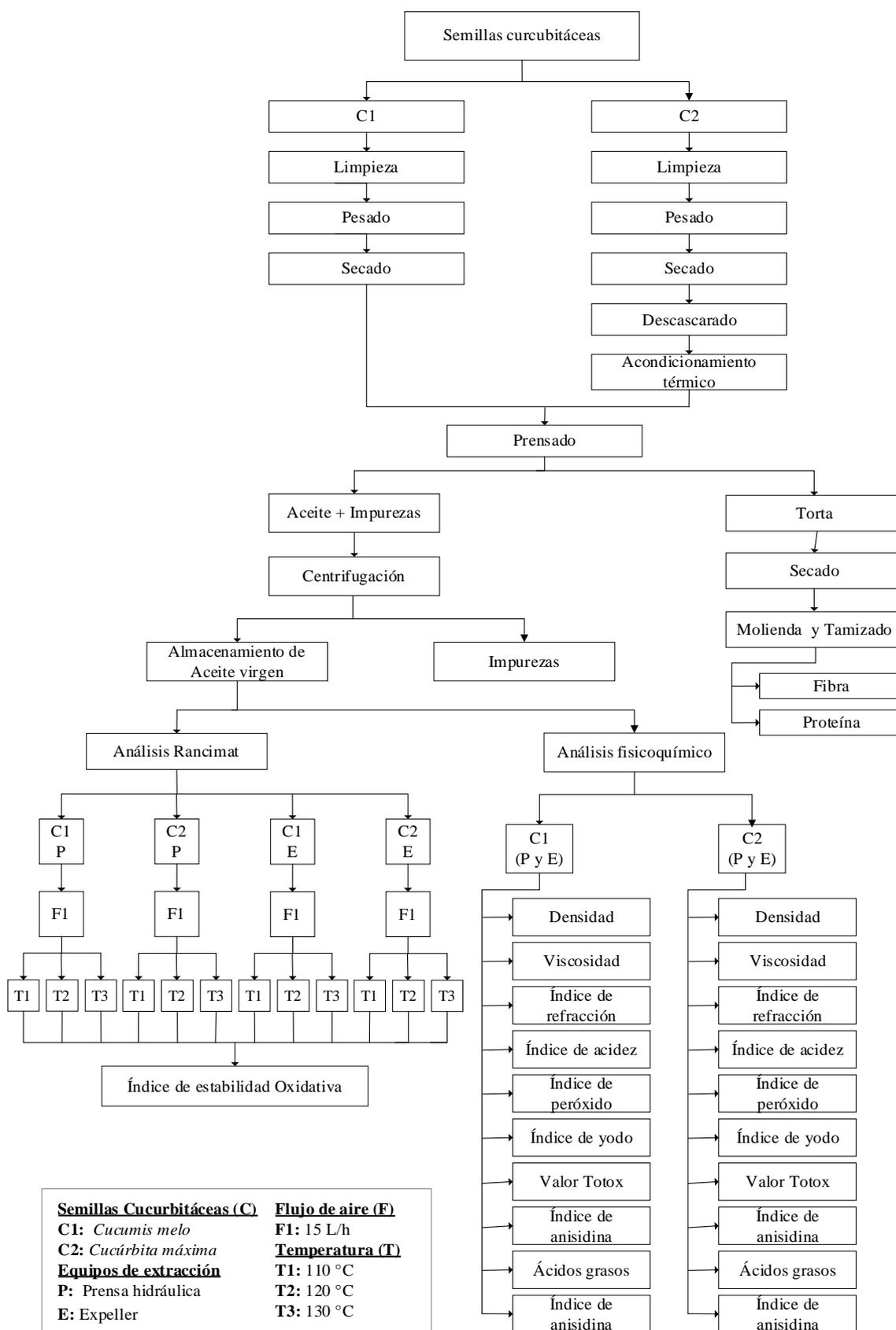


Figura 33. Diagrama de flujo del proceso experimental

3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico es el soporte en el cual los valores obtenidos de los diversos análisis realizados a las muestras de aceite de *Cucúrbita máxima* y *Cucumis melo*, van a poder ser manejados e interpretados con el fin de establecer relaciones de causalidad. El programa estadístico usado para la evaluación de los datos fue Statgraphics Centurion.

3.7. EVALUCION DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA

Para evaluar el índice de estabilidad oxidativa (OSI) en las muestras de aceites, se trabajó con tres factores experimentales: tipo de semilla, con dos niveles (*Cucúrbita máxima* y *Cucumis melo*); tipo de equipo de prensado en frío, con dos niveles (prensa hidráulica y expeller); y temperatura de ensayo en el equipo Rancimat, con tres niveles (110 °C, 120 °C y 130 °C). Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de $2 \times 2 \times 3 = 12$ tratamientos, cada uno con dos repeticiones, obteniéndose un total de 24 corridas experimentales, las cuales fueron evaluadas estadísticamente para su posterior análisis.

3.7.1. Variables independientes

Semillas cucurbitáceas (materia prima)

- Semilla de Zapallo (*Cucúrbita máxima*)
- Semilla de Melón (*Cucumis melo*)

Método de Prensado en frío (equipos)

- Prensa hidráulica
- Expeller

Temperatura del equipo Rancimat

- 110°C
- 120°C
- 130°C

3.7.2. Variable dependiente

- Índice de Estabilidad oxidativa (OSI)

3.7.3. Modelo matemático lineal

Los datos se sometieron a un diseño completamente al azar en el software Statgraphics Centurion para análisis estadístico y modelos de regresión, es la siguiente ecuación se relaciona OSI con las interacciones entre tipo de semilla, equipo de extracción y temperatura (variables de entrada):

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} : Es el tiempo de estabilidad oxidativa del aceite, obtenido con el i –ésimo tipo de semilla, j –ésimo equipo, k -ésimo temperatura.
- μ : Es el efecto medio general.
- τ_i : Es el efecto del i -ésimo nivel del factor tipo de semilla.
- β_j : Efecto del j -ésimo nivel del factor de equipos.
- γ_k : Efecto del j -ésimo nivel del factor de temperatura.
- $(\tau\beta)_{ij}$: Es el efecto de la interacción entre τ_i y β_j .
- $(\tau\gamma)_{ik}$: Es el efecto de la interacción entre τ_i y γ_j .
- $(\beta\gamma)_{jk}$: Es el efecto de la interacción entre β_j y γ_k .
- $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: Es el efecto de la interacción entre τ_i , β_j y γ_k .
- ε_{ijk} : Es el componente del error aleatorio.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), con un valor de significancia de $\alpha = 5\%$.

3.7.4. Modelo del diseño experimental

Tabla 24. Modelo de diseño experimental para OSI

Variedad de semilla	Equipo de extracción	Temperatura (°C)		
		c_0 OSI \pm SD	c_1 OSI \pm SD	c_2 OSI \pm SD
a_0	b_0	$a_0 b_0 c_0$	$a_0 b_0 c_1$	$a_0 b_0 c_2$
	b_1	$a_0 b_1 c_0$	$a_0 b_1 c_1$	$a_0 b_1 c_2$
a_1	b_0	$a_1 b_0 c_0$	$a_1 b_0 c_1$	$a_1 b_0 c_2$
	b_1	$a_1 b_1 c_0$	$a_1 b_1 c_1$	$a_1 b_1 c_2$

*OSI: horas; SD: desviación estándar (n=2)

Dónde:

a_0 = Cucúrbita máxima 0

a_1 = Cucumis melo 1

b_0 = Equipo de extracción prensa hidráulica

b_1 = Equipo de extracción expeller

c_0 = Temperatura 0

c_1 = Temperatura 1

c_2 = Temperatura 2

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MORFOMETRÍA DE SEMILLAS CUCURBITÁCEAS

Tabla 25.

Dimensiones axiales de la semilla de zapallo (cucúrbita máxima) (cm)

SEMILLA DE ZAPALLO (<i>cucúrbita máxima</i>)								
	Diámetro mayor (a)	Diámetro medio (b)	Diámetro menor (c)	Da	Dg	S	Ra	ϕ
Promedio	2.3300	1.1500	0.3400	1.2733	0.9694	2.9524	49.3562	0.4161
Mínimo	2.1000	1.1000	0.3000	1.1667	0.8849	2.4602	52.3810	0.4214
Máximo	2.5000	1.2500	0.4000	1.3833	1.0772	3.6455	50.0000	0.4309
Desviación	0.2053	0.0866	0.0551	0.1156	0.0993	0.0310	42.1908	0.4838
Mediana	2.3800	1.1000	0.3100	1.2633	0.9328	2.7334	46.2185	0.3919
Varianza	0.0223	0.0008	0.0030	0.0087	0.0038	0.00005	3.7369	0.1719

*Datos expresados como media \pm desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 2 repeticiones c/u.

Tabla 26.

*Dimensiones axiales de la semilla de melón (*cucumis melo*) (mm)*

SEMILLA DE MELÓN (<i>cucumis melo</i>)								
	Diámetro mayor (a)	Diámetro medio (b)	Diámetro menor (c)	Da	Dg	S	Ra	ϕ
Promedio	4.3900	1.8700	0.6800	2.3133	1.7739	9.8862	42.5968	0.4041
Mínimo	4.2500	1.9100	0.6500	2.2700	1.7409	9.5216	44.9412	0.4096
Máximo	4.5100	1.9700	0.7300	2.4033	1.8649	10.9260	43.6807	0.4135
Desviación	0.1305	0.0346	0.0436	0.0696	0.0582	0.0106	26.5424	0.4459
Mediana	4.4000	1.9700	0.6600	2.3433	1.7885	10.0491	44.7727	0.4065
Varianza	0.0170	0.0012	0.0019	0.0067	0.0034	0.00004	7.0450	0.1988

*Datos expresados como media \pm desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 2 repeticiones c/u.

En el análisis morfométrico realizado a 100 semillas de zapallo y 100 semillas de melón, se determinaron los valores promedio correspondientes al diámetro mayor, diámetro

medio y diámetro menor 2.3300, 1.1500 y 0.3400 cm respectivamente para las semillas de *cucúrbita. máxima*, mientras que para la variedad *cucumis melo* fueron de 4.3900, 1.8700 y 0.6800 mm.

Las mediciones realizadas a las semillas de zapallo (*cucúrbita máxima*), procedentes de frutos cultivados en la zona de La Carbonera, distrito de Nepeña, región Áncash, arrojaron valores promedio de 2.5925 cm para el diámetro mayor, 1.3497 cm para el diámetro medio y 0.5834 cm para el diámetro menor. Estas dimensiones muestran una variación mínima, atribuible a las condiciones de cultivo propias de la zona (Hidalgo y Núñez, 2021).

Las mediciones realizadas a las semillas de melón (*cucumis melo*), provenientes de frutos cultivados en España, mostraron valores promedio de 10.28 mm para el diámetro mayor, 4.32 mm para el diámetro medio y 0.67 mm para el diámetro menor. Cabe destacar que el diámetro menor coincide con el valor registrado en nuestro estudio, mientras que el diámetro mayor y el diámetro medio presentan diferencias significativas, probablemente debido a las características de cultivo de la región (Martín-Gómez et al., 2024). En comparación, Luo et al. (2024) reportan que las semillas de melón (*cucumis melo*) cultivadas en la ciudad de Gaowan, condado de Jingyuan, prefectura de Baiyin, provincia de Gansu, China, presentan valores promedio de 18.05 mm para el diámetro mayor, 11.75 mm para el diámetro medio y 3.56 mm para el diámetro menor, evidenciando también una variación significativa influenciada por las condiciones locales de cultivo.

4.2. ANÁLISIS PROXIMAL DE SEMILLAS ZAPALLO (*cucúrbita máxima*) Y MELÓN (*cucumis melo*)

Se realizó el análisis de la composición química proximal de la semilla de Zapallo (*cucúrbita máxima*) y melón (*cucumis melo*) en base a la metodología AOAC, los cuales se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 27.

Caracterización proximal de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

Componentes	Semillas de zapallo (<i>cucúrbita máxima</i>)		Semillas de melón (<i>cucumis melo</i>)
	Almendra	Cáscara	
Humedad %	3.37 ± 0.1521	7.93 ± 0.2963	9.85 ± 0.1638
Proteínas %	43.17 ± 0.5932		22.31 ± 2.3398
Cenizas%	2.96 ± 0.0000	3.08 ± 0.0661	2.29 ± 0.0000
Grasa %	35.44 ± 0.0045	0.63 ± 0.0153	25.35 ± 0.3149
Fibra %	12.24 ± 0.0000		20.25 ± 0.0000
Carbohidratos %	2.82 ± 0.6100		19.95 ± 2.37

*Carbohidratos hallados por diferencia

4.2.1. Humedad

Las semillas de zapallo presentaron una humedad de 3.37%, mientras que las semillas de melón mostraron un valor de 9.85%. Comparando estos resultados con estudios previos, se observa que la humedad de las semillas de zapallo es menor que la reportada por Hidalgo y Núñez (2021), quienes registraron 8.71%, y por Artica et al. (2019), que encontraron 6.87%. Sin embargo, es ligeramente inferior con los valores reportados por Coanqui y Cabrera (2020) y Tanco (2021), con 4.9% y 5.04%, respectivamente.

En el caso de las semillas de melón, los resultados (9.85%) son ligeramente más altos que los reportados por Ramírez et al. (2016), quienes obtuvieron 9.32%. Aun así, los valores son bastante cercanos, lo que sugiere que la humedad de las semillas de melón es consistente con lo que se ha observado en estudios previos.

4.2.2. Proteína

Se determinó que las semillas de zapallo (*Cucúrbita máxima*) presentaron un contenido de proteína de 43.17%, mientras que las semillas de melón (*Cucumis melo*) tuvieron 22.31%.

Comparando los valores obtenidos para las semillas de zapallo, se observa que son ligeramente superiores a los reportados por Hidalgo y Núñez (2021) 41.87%, Apaza (2020) 30.3%, León (2023) 36.5% y Mallqui et al. (2021) 38.35%.

En el caso de las semillas de melón, el contenido proteico es menor a los reportes de Castro y Jácome (2022) 27.34% y Ramírez et al. (2016) 27.9%, mostrando una pequeña diferencia y confirmando que el contenido proteico de las semillas de melón es bastante consistente.

4.2.3. Cenizas

El contenido de cenizas obtenido fue de 2.96 % para las semillas de zapallo macre y 2.29% para las semillas de melón, al comparar, el valor de cenizas en zapallo macre es ligeramente superior al reportado por Hidalgo y Núñez (2021) 2.615%, pero inferior al registrado por Mallqui et al., (2021) 4.95%. El valor de cenizas de semillas de melón es inferior al reportado por Ramírez et al., (2016) 4.71%. y Zhang et al., (2024) 4.08%

4.2.4. Grasa

El contenido de grasa obtenido fue de 35.44 % para las semillas de zapallo macre y 25.35% para las semillas de melón. Estos resultados muestran que las semillas de zapallo macre presentan mayor contenido de grasa que las semillas de melón, a pesar que ambas semillas pertenecen a la misma familia cucurbitácea. Comparando con investigaciones previas, los valores obtenidos para zapallo son ligeramente superiores a los reportados por Hidalgo y Núñez (2021) 31.95% y Mallqui et al. (2021) 24.47%, pero inferiores a los reportados por Apaza (2020) 45.8%, evidenciando diferencias significativas respecto a Apaza y Mallqui et al. En cuanto a las semillas de melón, el

valor encontrado (25.35%), es ligeramente superior al reportado por Ramírez (2016) 24.90% y considerablemente menor que el indicado por Zhang et al., que reporta 30.7%.

4.2.5. Carbohidratos

Los resultados de carbohidratos se hallaron por diferencia, en el caso de las semillas de zapallo macre el resultado fue de 2.82% y semillas de melón 19.95%. Estos resultados muestran que los carbohidratos en las semillas de melón son inferiores a los reportados por Ramírez et al., (2016) 36.11%, con respecto a los valores de las semillas de zapallo al compararlos con los datos reportados por Hidalgo y Núñez (2021) 12.10% y Artica et al., (2016) 12.04% son inferiores.

4.2.6. Actividad de agua

La actividad de agua (A_w) determinada en las muestras mostró que la semilla de melón presentó el valor más alto con 0.5875 ± 0.0064 , seguida de la cáscara de zapallo con 0.499 ± 0.0028 , mientras que la almendra de zapallo registró el valor más bajo con 0.4175 ± 0.0021 .

Todos los valores se encuentran por debajo de 0.6 A_w , lo que indica que el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos estaría completamente inhibido, garantizando estabilidad microbiológica en las muestras. Además, al estar por encima de 0.2 A_w , se minimiza el riesgo de oxidación de lípidos, favoreciendo el almacenamiento seguro de estas semillas y sus subproductos.

4.3. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE ZAPALLO (*cucúrbita máxima*) Y MELÓN (*cucumis melo*)

4.3.1. Rendimiento de aceites obtenidos por prensado en frío

La extracción del aceite se realizó empleando la técnica de prensado en frío usando como equipos una prensa hidráulica y un expeller, los cuales ejercen presión contra las semillas, liberando el aceite que se encuentra

dentro de las almendras, asimismo se calculó el rendimiento obtenido para cada semilla.

Tabla 28.

Rendimiento de aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

Semilla cucurbitácea	Equipo de prensado en frío	Rendimiento (%)
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Prensa hidráulica	15.679 ± 0.0157
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Expeller	19.7276 ± 0.0160
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Prensa hidráulica	9.6680 ± 0.0071
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Expeller	14.0583 ± 0.0114

*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 2 repeticiones c/u.

Como podemos observar en la tabla, el rendimiento de extracción de aceite para la semilla de zapallo macre (*Cucúrbita máxima*) mediante prensa hidráulica fue de 15.68%, mientras que con el expeller alcanzó 19.7276%, en el caso de la semilla de melón cantalupo (*Cucumis melo*), el rendimiento obtenido con prensa hidráulica fue de 9.67% y con expeller de 14.06%.

Al comparar estos resultados con investigaciones previas en el caso del zapallo macre con prensa Hidalgo y Núñez (2021), reportan 24.73% y en el caso del expeller con Gonzales (2021) 35.05%, siendo estos datos superiores.

En el caso de las semillas de melón, Rabadán et al. (2020) reportaron un rendimiento de 21.43% utilizando prensa tipo expeller, mientras que con prensa hidráulica obtuvieron únicamente 6.80%. Al comparar estos valores con los resultados que se obtuvieron (9.67%), se observa que, aunque el rendimiento que se obtuvo es inferior al alcanzado con

expeller (14.06%), resulta ligeramente superior al obtenido con la prensa hidráulica.

4.3.1.1. Análisis de varianza para el rendimiento de los aceites obtenido por prensado en frío (prensa hidráulica y expeller)

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Rendimiento. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Rendimiento para los 2 diferentes niveles de Tipos de semilla y métodos de extracción con 2 niveles de equipos. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Tabla 29.

ANOVA para Rendimiento por variedades de semillas y métodos de extracción

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedades semilla Cucurbitácea	206.588	1	206.588	192.39	0.0000
B: Métodos de extracción	108.223	1	108.223	100.79	0.0000
C: Temperaturas de oxidación	0	2	0	0.00	1.0000
RESIDUOS	20.4021	19	1.0738		
TOTAL (CORREGIDO)	335.214	23			

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Rendimiento en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, variedades de semillas y métodos de extracción, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Rendimiento con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 30.

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Rendimiento con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	24	14.7694			
Variedades semilla					
Cucurbitácea					
Cucumis melo	12	11.8355	0.299137	11.2094	12.4616
Cucúrbita máxima	12	17.7034	0.299137	17.0772	18.3295
Métodos de extracción					
Expeller	12	16.8929	0.299137	16.2668	17.5191
Prensa hidráulica	12	12.6459	0.299137	12.0198	13.272
Temperaturas de oxidación					
110 °C	8	14.7694	0.366367	14.0026	15.5363
120 °C	8	14.7694	0.366367	14.0026	15.5363
130 °C	8	14.7694	0.366367	14.0026	15.5363

Esta tabla muestra la media de Rendimiento para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias.

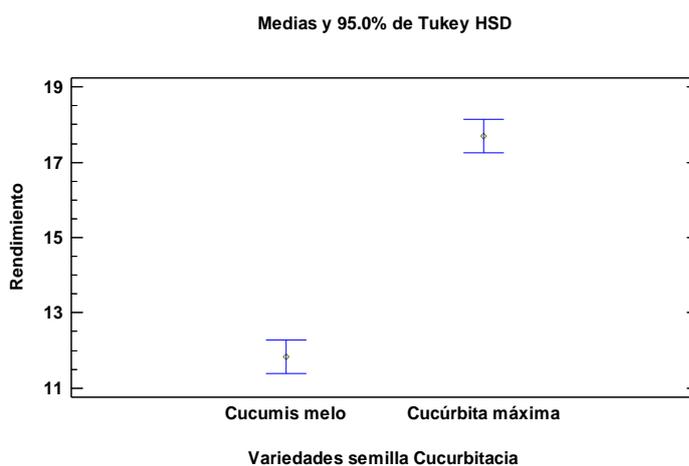


Figura 34. Gráfica de medias para rendimiento en extracción de aceite de semilla de cucúrbita máxima y cucumis melo.

4.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS ACEITES DE SEMILLA DE ZAPALLO (*cucúrbita máxima*) Y MELÓN (*cucumis melo*)

Tabla 31.

*Análisis fisicoquímicos de los aceites de semilla de Zapallo (*cucúrbita máxima*) y semilla de melón (*cucumis melo*)*

	Prensa Hidráulica	Expeller	Prensa Hidráulica	Expeller
	Semillas de zapallo (<i>cucúrbita máxima</i>)	Semillas de zapallo (<i>cucúrbita máxima</i>)	Semillas de melón (<i>cucumis melo</i>)	Semillas de melón (<i>cucumis melo</i>)
Densidad (g/cm ³)	0.9474 ± 0.0019	0.9255 ± 0.0007	0.9290 ± 0.0028	0.9245 ± 0.0078
Índice de refracción	1.4704 ± 0.0002	1.4719 ± 0.00002	1.4755 ± 0.00003	1.4769 ± 0.0018
Índice de yodo (g I ₂ /100g)	31.6223 ± 0.0557	362.8306 ± 0.1223	62.7354 ± 0.9209	120.7140 ± 0.3654
Índice de Acidez (% ácido linoleico)	1.1186 ± 0.0033	12.6014 ± 0.0191	1.8835 ± 0.0914	6.9242 ± 0.0735
Índice de Peróxido (meqO ₂ /kg)	0.1986 ± 0.0001	1.5882 ± 0.0005	1.1993 ± 0.0003	1.3965 ± 0.004
Índice de Anisidina	4.7073 ± 0.0002	ND	2.0245 ± 0.00006	3.5164 ± 2.0732
Valor TOTOX	5.1045	ND	4.4231	6.3094

*ND: No determinado

Las densidades del aceite de zapallo y melón revelan una pequeña variación, debido a sus distintas composiciones y propiedades físicas, la densidad obtenida para el aceite de semilla de zapallo (*cucúrbita máxima*) en prensa hidráulica es 0.9295 ± 0.0004 g/cm³ según Hidalgo y Núñez (2021), comparándolos no se muestra mucha diferencia, el aceite de zapallo en prensa es más denso que el aceite de melón, la densidad, es influenciada por factores como la composición de ácidos grasos y la presencia de impurezas, estas diferencias en densidad pueden tener implicaciones en la viscosidad y estabilidad de los aceites.

En el índice de refracción, a una temperatura de 25 °C, el aceite de semilla de zapallo fue de 1.4704 en la muestra obtenida por prensa hidráulica y de 1.4719 en la extraída mediante expeller. En el caso del aceite de semilla de melón, los valores fueron de 1.4755 y 1.4769 para los métodos de prensa hidráulica y expeller,

respectivamente, el índice de refracción obtenido para el aceite de semilla de zapallo (*cucúrbita máxima*) en prensa es 1.4722 ± 0.0000 según Hidalgo y Núñez (2021), comparándolos no muestran diferencia significativamente, el mayor índice de refracción del aceite de melón está asociado a un mayor contenido de ácidos grasos insaturados.

4.4.1. Índice de acidez

En la tabla 31, podemos observar los resultados acerca del Índice de acidez realizada por el método de titulación a los aceites extraídos de semilla de Zapallo Macre (*Cucúrbita máxima*) y Melón Cantalupo (*Cucumis melo*) respectivamente.

Tabla 32.

Índice de acidez de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

Semilla cucurbitácea	Equipo de prensado en frío	Índice de Acidez (% ácido linoleico)
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Prensa hidráulica	1.1186 ± 0.0033
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Expeller	12.6014 ± 0.0191
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Prensa hidráulica	1.8835 ± 0.0914
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Expeller	6.9242 ± 0.0735

El índice de acidez para el aceite de semilla de zapallo en prensa ($1.1186\% \pm 0.0033$) es menor al valor reportado por Artica et al., (2019) $2.08\% \pm 0.41$; pero ligeramente superior al reportado por Hidalgo y Núñez (2021) $1.0096\% \pm 0.0018$.

El índice de acidez para el aceite de semilla de melón en prensa hidráulica ($1.8835\% \pm 0.0914$) es mayor al valor reportado por Rabadán et al., (2020) $0.3000\% \pm 0.04$. pero ligeramente superior al reportado por Zhang et al., (2024) 1.03615% (2.06 mg KOH/g). El índice de acidez para el aceite de semilla de melón en prensa de tornillo (expeller) ($6.9242\% \pm 0.0735$) es mayor al valor reportado por Rabadán et al.,

(2020) $0.41 \% \pm 0.05$, pero ligeramente superior al reportado por Zhang et al., (2024) 4.8288% (9.60 mg KOH/g)

Por lo tanto, podemos decir que se llevó un buen manejo postcosecha de la materia prima, así como las adecuadas condiciones de almacenamiento, pero influye en gran medida el equipo utilizado para la extracción (Paucar et al., 2015), nos mencionan que si los aceites extraídos no han estado protegidos de la acción del aire y la luz su acidez crece lentamente al principio y con cierta rapidez después.

4.4.1.1. Análisis de varianza para el índice de acidez

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de acidez. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de acidez para los 2 diferentes niveles de semillas y métodos de extracción (prensa hidráulica y expeller). La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Tabla 33.

Índice de acidez de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedades semilla Cucurbitácea	36.1953	1	36.1953	11.04	0.0036
B: Métodos de extracción	409.542	1	409.542	124.92	0.0000
C: Temperaturas de oxidación	0	2	0	0.00	1.0000
RESIDUOS	62.2924	19	3.27855		
TOTAL (CORREGIDO)	508.029	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Índice de acidez en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los

demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Índice de acidez con un 95.0% de nivel de confianza. Se observa en la tabla la significación que tienen las variedades de semillas y los métodos de extracción.

Tabla 34.

Medias por Mínimos Cuadrados para Índice de acidez de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo) y equipos de extracción con intervalos de confianza de 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	24	5.63194			
<i>Variedades semilla</i>					
<i>Cucurbitácea</i>					
Cucumis melo	12	4.40388	0.522697	3.30986	5.49789
Cucúrbita máxima	12	6.86	0.522697	5.76598	7.95402
<i>Métodos de extracción</i>					
Expeller	12	9.76282	0.522697	8.66881	10.8568
Prensa hidráulica	12	1.50105	0.522697	0.40703	2.59507
<i>Temperaturas de oxidación</i>					
110 °C	8	5.63194	0.64017	4.29204	6.97183
120 °C	8	5.63194	0.64017	4.29204	6.97183
130 °C	8	5.63194	0.64017	4.29204	6.97183

Esta tabla muestra la media de Índice de acidez para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

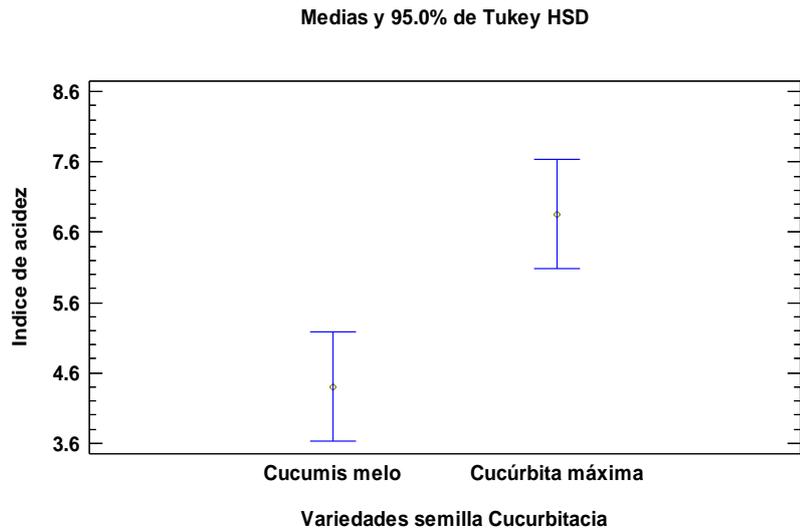


Figura 35. Gráfica de medias para acidez de aceite de semilla de cucúrbita máxima y cucumis

4.4.2. Índice de peróxidos

En tabla 35 se observan los valores de índice de peróxidos de los aceites con los 2 equipos de extracción.

Tabla 35.

Índice de peróxidos de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

Semilla cucurbitácea	Equipo de prensado en frío	Índice de Peróxido (meqO ₂ /kg)
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Prensa hidráulica	0.1986 ± 0.0001
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Expeller	1.5882 ± 0.0005
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Prensa hidráulica	1.1993 ± 0.0003
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Expeller	1.3965 ± 0.004

*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 2 repeticiones c/u.

El índice de peróxido para el aceite de semilla de zapallo en prensa (0.1986 ± 0.0001) es ligeramente superior al valor reportado por Hidalgo y Núñez (2021) 1.9587 ± 0.0058 .

El índice de peróxido para el aceite de semilla de melón en prensa hidráulica (1.1993 ± 0.0003) es mayor al valor reportado por Rabadán et al., (2020) 0.00, pero al compararlo con los valores reportados por Zhang et al., (2024) 1.04 meq O₂ por kg, es ligeramente mayor. El índice de acidez para el aceite de semilla de melón en prensa de tornillo (expeller) (1.3965 ± 0.004) es mayor al valor reportado por Rabadán et al., (2020) 0.00, pero al compararlo con los valores reportados por Zhang et al., (2024) 4.96 meq O₂ por kg, es mucho mayor, según el (CODEX STAN 19-1981, 2015) el límite máximo de índice de peróxido para aceites vírgenes y grasas y aceites prensados en frío es hasta 15 meq O₂/Kg, por lo que nuestros aceites se encuentran dentro del rango permitido, cabe recalcar que, el aumento de la cantidad de peróxidos es evidencia del deterioro del aceite (Hidalgo y Núñez, 2021).

4.4.2.1. Análisis de varianza para el índice de peróxido - Suma de Cuadrados Tipo III

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de peróxidos. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de peróxidos para los 2 diferentes niveles de variedades de semillas cucurbitáceas y 2 niveles de métodos de extracción. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias para A y B.

Tabla 36.

ANOVA para Índice de peróxidos de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedades semilla Cucurbitácea	30.8017	1	30.8017	8.61	0.0085
B: Métodos de extracción	380.294	1	380.294	106.25	0.0000
C: Temperaturas de oxidación	0	2	0	0.00	1.0000
RESIDUOS	68.0071	19	3.57932		
TOTAL (CORREGIDO)	479.103	23			

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

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Índice de peróxido en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Índice de peróxido con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 37.

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Índice de peróxido con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	24	5.8077			
Variedades semilla Cucurbitácea					
Cucumis melo	12	4.67483	0.546147	3.53172	5.81793
Cucúrbita máxima	12	6.94058	0.546147	5.79747	8.08368
Métodos de extracción					
Expeller	12	9.78835	0.546147	8.64525	10.9315
Prensa hidráulica	12	1.82705	0.546147	0.683948	2.97015
Temperaturas de oxidación					
110 °C	8	5.8077	0.668891	4.40769	7.20771
120 °C	8	5.8077	0.668891	4.40769	7.20771
130 °C	8	5.8077	0.668891	4.40769	7.20771

Esta tabla muestra la media de Índice de peróxido para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias, Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

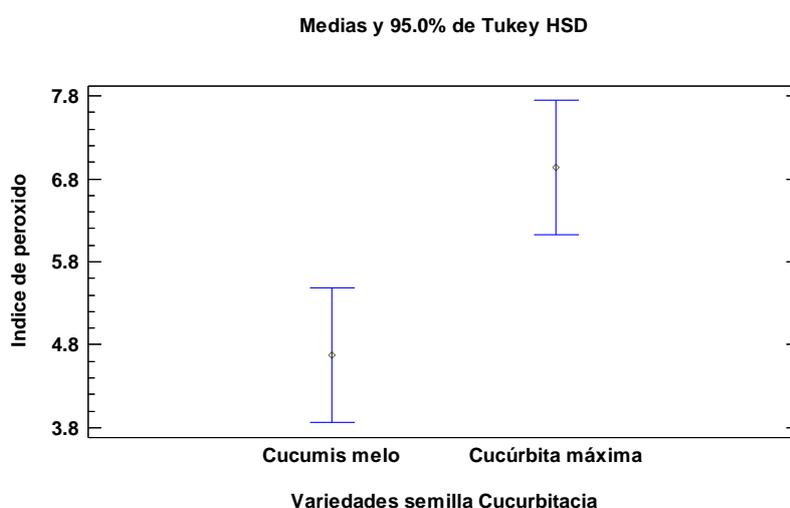


Figura 36. Gráfica de medias para índice de peróxidos de aceite de semilla de cucúrbita máxima y cucumis

4.4.3. Índice de yodo

En tabla 38 se observan los valores de índice de yodo de los aceites con los 2 equipos de extracción.

Tabla 38.

Índice de yodo de los aceites de semilla de Zapallo (cucúrbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

Semilla cucurbitácea	Equipo de prensado en frío	Índice de Peróxido (g I ₂ /100g)
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Prensa hidráulica	31.6223 ± 0.0557
Zapallo Macre (<i>cucúrbita máxima</i>)	Expeller	362.8306 ± 0.1223
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Prensa hidráulica	62.7354 ± 0.9209
Melón Cantalupo (<i>cucumis melo</i>)	Expeller	120.7140 ± 0.3654

*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 2 repeticiones c/u.

El índice de yodo para el aceite de semilla de zapallo en prensa (31.6223 ± 0.0557) es menor al valor reportado por Hidalgo y Núñez (2021) 96.6891 ± 0.2082.

El índice de yodo para el aceite de semilla de melón en prensa hidráulica (62.7354 ± 0.9209), es menor al reportado por Zhang et al., (2024) 89.5 g I₂ /100 g. El índice de yodo para el aceite de semilla de melón en prensa de tornillo (expeller) (120.7140 ± 0.3654) es ligeramente menor al valor reportado por Zhang et al., (2024) 128.44 g I₂ /100 g.

4.4.3.1. Análisis de varianza para el índice de yodo

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de yodo. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de yodo para los 2 diferentes niveles de variedades de semillas cucurbitáceas y 2 niveles de métodos de extracción. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias para A y B.

Tabla 39. ANOVA para el Índice de yodo de los aceites de semilla de Zapallo (cucurbita máxima) y semilla de melón (cucumis melo)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razó n-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedades semilla Cucurbitácea	66783.7	1	66783.7	11.33	0.0032
B: Métodos de extracción	227200.	1	227200.	38.55	0.0000
C: Temperaturas de oxidación	0	2	0	0.00	1.0000
RESIDUOS	111985.	19	5893.93		
TOTAL (CORREGIDO)	405968.	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual, La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Índice de yodo en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Índice de yodo con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 40.

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Índice de yodo con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error</i>		
			<i>Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	24	144.476			
<i>Variedades semilla</i>					
<i>Cucurbitacia</i>					
Cucumis melo	12	91.7247	22.1622	45.3387	138.111
Cucúrbita máxima	12	197.226	22.1622	150.84	243.612
<i>Metodos de extracción</i>					
Expeller	12	241.772	22.1622	195.386	288.158
Prensa hidráulica	12	47.1788	22.1622	0.792809	93.5648
<i>Temperaturas de oxidación</i>					
110 °C	8	144.476	27.143	87.6645	201.287
120 °C	8	144.476	27.143	87.6645	201.287
130 °C	8	144.476	27.143	87.6645	201.287

Esta tabla muestra la media de Índice de yodo para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Pueden desplegarse estas medias e intervalos seleccionado Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

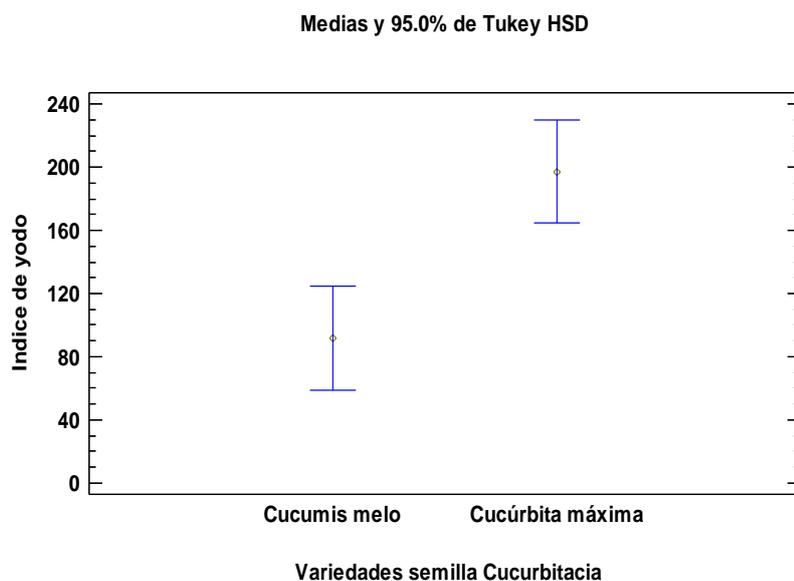


Figura 37. Gráfica de medias para índice de yodo de aceite de semilla de cucúrbita máxima y cucumis

4.4.4. Perfil de ácidos grasos

Las siguientes tablas muestran el perfil de ácidos grasos obtenido por cromatografía de gases, mediante el (Cromatógrafo de Gas, Shimadzu, modelo GC-2010), que corresponden a los aceites extraídos de las semillas de Zapallo (*cucúrbita máxima*) y melón (*cucumis melo*) respectivamente.

Tabla 41.

Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucúrbita máxima en prensa hidráulica

Ácidos grasos	Perfil de ácidos grasos (%)
Ácido Mirístico (C14:0)	0.107 ± 0.1301
Ácido Palmítico (C16:0)	13.998 ± 1.0607
Ácido Palmítoleico (C16:1)	0.174 ± 0.0002
Ácido Heptadecanoico (C17:0)	0.131 ± 0.0005
Ácido Heptadecanoico (Cis-10) (C17:1)	0.039 ± 0000
Ácido Esteárico (C18:0)	7.160 ± 0.0056
Ácido Oleico (C18:1)	26.631 ± 1.0607
Ácido Linoleico (C18:2)	50.901 ± 1.0607
Ácido Araquídico (C20:0)	0.449 ± 0.0002
Ácido Eicosanoico (Cis-11) (C20:1)	0.076 ± 0.0024
Ácido Linolénico (C18:3)	0.153 ± 0.0005
Ácido Behénico (C22:0)	0.115 ± 0.0002
Ácido Lignocérico (C24:0)	0.066 ± 0000

El aceite de semilla de zapallo macre en prensa hidráulica muestra una mayor proporción de ácido palmítico 13.998%, ácido oleico 26.631%, ácido esteárico 7.160%, ácido linoleico (18:2) 50.901%, siendo estos ácidos grasos los de mayor presencia en el aceite, al compararlos con Hidalgo y Núñez (2021) concuerdan los ácidos grasos de mayor presencia en el aceite siendo los porcentajes ácido palmítico 10.1533%, ácido oleico 35.2467%, ácido esteárico 5.746%, ácido linoleico (18:2) 48.8543%.

Tabla 42.

Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucúrbita máxima en expeller

Ácidos grasos	Perfil de ácidos grasos (%)
Ácido Mirístico (C14:0)	0.126 ± 0.1301
Ácido Palmítico (C16:0)	17.830± 1.0607
Ácido Palmítoleico (C16:1)	0.085 ± 0.0002
Ácido Heptadecanoico (C17:0)	0.092 ± 0.0005
Ácido Esteárico (C18:0)	7.363 ± 0.0056
Ácido Eláidico (trans-9) (C18:1)	0.101 ± 0.000
Ácido Oléico (C18:1)	13.022 ± 1.0607
Ácido Linoleádico (C18:2)	0.061± 0.000
Ácido Linoleico (C18:2)	59.913 ± 1.0607
Ácido Araquídico (C20:0)	0.395 ± 0.0002
Ácido Gamma-linolenico (C18:3)	0.056 ± 0.000
Ácido Eicosanoico (Cis-11) (C20:1)	0.221 ± 0.0024
Ácido Linolénico (C18:3)	0.341 ± 0.0005
Ácido Eicosadienoico (Cis-11,14) (C20:2)	0.139± 0.000
Ácido Docosadienoico (Cis-13,16) (C22:2)	0.059 ± 0.0002
Ácido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17) (C20:5)	0.079± 0.000
Ácido Nervónico (C24:1)	0.121 ± 0000

Al realizar la comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de zapallo obtenido por prensa hidráulica y por Expeller se observan diferencias significativas en la composición.

El contenido de ácido palmítico (C16:0) fue mayor en el aceite extraído por expeller (17.83%) en comparación con el obtenido por prensa hidráulica (13.99%). Esto indica que el método mecánico de expeller favorece una mayor proporción de ácidos grasos saturados de cadena media, lo cual puede estar relacionado con la mayor fricción y temperatura durante el proceso. De manera similar, el ácido esteárico

(C18:0) mostró un valor ligeramente superior en el expeller (7.36%) frente a la prensa hidráulica (7.16%).

Respecto a los ácidos grasos insaturados, se aprecia una marcada diferencia en el ácido oleico (C18:1), el cual alcanzó 26.63% en la prensa hidráulica, mientras que en el expeller descendió a 13.02%. Este hallazgo es importante, ya que refleja una reducción considerable de este ácido graso monoinsaturado en el expeller, posiblemente debido a las condiciones de extracción. Por otro lado, el ácido linoleico (C18:2) presentó el comportamiento contrario: fue de 50.90% en la prensa hidráulica y aumentó hasta 59.91% en el expeller, constituyendo el ácido graso predominante en ambos aceites, pero con una mayor concentración en el segundo caso.

Respecto a los ácidos grasos minoritarios, la prensa hidráulica presentó valores discretos de compuestos como el ácido heptadecanoico (0.131%) y el ácido palmitoleico (0.174%), mientras que en el expeller estos compuestos se redujeron a 0.092% y 0.085%, respectivamente.

Asimismo, en el aceite extraído por expeller aparecieron trazas de otros ácidos grasos no detectados en la prensa hidráulica, como el ácido elaídico (0.101%), el gamma-linolénico (0.056%), el eicosadienoico (0.139%), el docosadienoico (0.059%) y el eicosapentaenoico (0.079%), lo cual sugiere que el tipo de extracción también puede influir en la liberación o detección de fracciones más pequeñas de ácidos grasos.

Los resultados muestran que el aceite obtenido por prensa hidráulica presenta un mayor contenido de ácido oleico, mientras que el aceite extraído por expeller se caracteriza por un contenido más alto de ácido palmítico y linoleico, además de la presencia de otros ácidos grasos en menor proporción, estas diferencias reflejan que el método de extracción tiene un impacto directo en la calidad y composición del perfil lipídico del aceite de semilla de zapallo.

Tabla 43.

Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucumis melo en prensa hidráulica

Ácidos grasos	Perfil de ácidos grasos (%)
Ácido Mirístico (C14:0)	0.042 ± 0.1301
Ácido Palmítico (C16:0)	9.259 ± 0.0002
Ácido Palmítoleico (C16:1)	0.089 ± 0.0024
Ácido Heptadecanoico (C17:0)	0.067 ± 0.0005
Ácido Esteárico (C18:0)	4.774 ± 0.0056
Ácido Oléico (Cis-9) (C18:1)	11.335 ± 0.0056
Ácido Linoleáidico (C18:2)	0.063 ± 0.0000
Ácido Linoleico (C18:2)	73,490 ± 1.0607
Ácido Araquídico (C20:0)	0.188 ± 0.0002
Ácido Eicosanoico (Cis-11) (C20:1)	0.080 ± 0.0024
Ácido Gamma-linolenico (C18:3)	0.088 ± 0.000
Ácido Eicosanoico (Cis-11) (C20:1)	0.152 ± 0.0002
Ácido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17) (C20:5)	0.180 ± 0000
Ácido Nervónico (C24:1)	0.265 ± 0.0056

En el aceite de semilla de *Cucumis melo* obtenido mediante prensa hidráulica, los ácidos grasos predominantes son el linoleico (C18:2) con 73.49%, el oleico (C18:1) con 11.34% y el palmítico (C16:0) con 9.26%, mientras que el esteárico (C18:0) se presenta con 4.77%, predominan ácidos grasos poliinsaturados, donde el linoleico representa la fracción mayoritaria, lo que le confiere un valor nutricional interesante pero a la vez una mayor susceptibilidad a la oxidación, en contraste, el oleico, que normalmente contribuye a la estabilidad oxidativa de los aceites, se encuentra en un nivel relativamente bajo frente al linoleico, completándose con cantidades moderadas de saturados como palmítico y esteárico.

Al realizar la comparación con lo reportado por Rabadán et al. (2020), quienes indican que los aceites de semilla de melón obtenidos por prensado presentan entre 51–69% de linoleico y 15–34% de oleico, se observa que el valor de linoleico en este estudio (73.49%) excede al rango señalado por los autores, mientras que el contenido de oleico (11.34%) está por ligeramente por debajo al compararlo con sus valores reportados. Estas diferencias podrían estar relacionadas por el método de extracción utilizado, condiciones de extracción, sugiriendo que la prensa hidráulica en este caso potenció la presencia de poliinsaturados, aunque a expensas de una menor concentración de monoinsaturados.

Tabla 44.

Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de cucumis melo en expeller

Ácidos grasos	Perfil de ácidos grasos (%)
Ácido Mirístico (C14:0)	0.032 ± 0.1301
Ácido Pentadecanoico (C15:0)	0.018 ± 1.0607
Ácido Palmítico (C16:0)	9.150 ± 0.0002
Ácido Palmítoleico (C16:1)	0.095 ± 0.0024
Ácido Heptadecanoico (C17:0)	0.068 ± 0.0005
Ácido Heptadecanoico (Cis-10) (C17:1)	0.018 ± 0000
Ácido Esteárico (C18:0)	3.972 ± 0.0056
Ácido Oléico (Cis-9) (C18:1)	9.885 ± 0.0056
Ácido Linoleico (C18:2)	75.718 ± 1.0607
Ácido Araquidico (C20:0)	0.151 ± 0.0002
Ácido Eicosanoico (Cis-11) (C20:1)	0.080 ± 0.0024
Ácido Linolénico (C18:3)	0.190 ± 0.0005
Ácido Bicosadienoico (Cis-11,14) (C20:0)	0.014 ± 1.0607
Ácido Behénico (C22:0)	0.044 ± 0.0002
Ácido Lignocerico (C24:0)	0.034 ± 0000
Ácido Nervónico (C24:1)	0.532 ± 0.0056

Al realizar la comparación de los perfiles de ácidos grasos del aceite de semilla de *Cucumis melo* también evidencia diferencias relevantes según el método de extracción utilizado. Respecto a los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico (C16:0) mostró valores similares en ambos procesos: 9.26% en prensa hidráulica y 9.15% en expeller, lo que indica que la técnica de extracción no influyó significativamente en este componente, sin embargo, el ácido esteárico (C18:0) presentó una reducción marcada en el expeller (3.97%) respecto al valor obtenido en prensa hidráulica (4.77%), de manera similar, el contenido de ácido araquídico (C20:0) también disminuyó en el expeller (0.151%) en comparación con la prensa (0.188%).

Respecto a los ácidos grasos monoinsaturados, el ácido oleico (C18:1) fue mayor en el aceite extraído por prensa hidráulica (11.34%) frente al obtenido por expeller (9.89%), lo cual sugiere que la extracción mecánica de mayor fricción puede generar una menor recuperación de este ácido graso, por el contrario, el ácido nervónico (C24:1) se incrementó notablemente en el expeller (0.532%) frente a la prensa (0.265%), lo que indica que este método permitió una mayor liberación de este ácido graso minoritario.

En los ácidos grasos poliinsaturados, el ácido linoleico (C18:2) resultó ser el compuesto predominante en ambos aceites, aunque con una diferencia clara: 73.49% en prensa hidráulica y 75.72% en expeller. Este incremento en el expeller marca un cambio importante en la composición global, dado que el linoleico constituye la fracción mayoritaria, asimismo, el ácido linolénico (C18:3) también fue más alto en el expeller (0.190%) frente a la prensa (0.088%), mostrando nuevamente un efecto del método de extracción sobre la recuperación de poliinsaturados.

Cabe destacar que en el aceite obtenido por expeller se identificaron ácidos grasos no presentes en la prensa hidráulica, como el ácido pentadecanoico (C15:0), el ácido heptadecanoico cis-10 (C17:1), el

ácido bicosadienoico (C20:2), el ácido behénico (C22:0) y el ácido lignocérico (C24:0), aunque en proporciones bajas. Esta aparición de compuestos adicionales sugiere que la extracción por expeller, al involucrar mayor presión y fricción, puede favorecer la detección de fracciones lipídicas minoritarias.

El aceite extraído por prensa hidráulica se caracteriza por un mayor contenido de ácido oleico y esteárico, mientras que el obtenido por expeller concentra más ácido linoleico y nervónico, además de presentar una mayor diversidad de ácidos grasos minoritarios, estos resultados evidencian que la elección del método de extracción influye directamente en la calidad y composición del aceite de semilla de melón.

4.4.5. Determinación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla *cucúrbita máxima* y semilla de *cucumis melo*

Se muestra el índice de la estabilidad oxidativa hallado mediante el equipo Rancimat, para el flujo de 15 L/h, con las temperaturas de 110°C, 120°C y 130°C, así como también se muestra las gráficas de conductividad vs el tiempo, a partir de los resultados mostrados en la tabla 45, la estabilidad oxidativa (OSI) para el aceite de semilla de zapallo (*cucúrbita máxima*) prensa hidráulica con flujo 15 L/h fue 8.84 ± 0.014 horas a 110°C, 4.125 ± 0.0354 horas a 120°C y 2.095 ± 0.0212 horas a 130 °C., por lo tanto, podemos decir que, los valores más altos en cuanto a OSI se obtienen conforme decrecen las temperaturas.

Para el aceite de semilla de zapallo (*cucúrbita máxima*) expeller con flujo 15 L/h fue 2.25 ± 0.014 horas a 110°C, 1.405 ± 0.0212 horas a 120°C y 0.825 ± 0.0212 horas a 130 °C., por lo tanto, podemos decir que, los valores más altos en cuanto a OSI se obtienen conforme decrecen las temperaturas además del uso del equipo de extracción en este caso se obtuvieron valores mayores de estabilidad en el aceite de semilla de zapallo macre con el uso de la prensa hidráulica

De igual manera la estabilidad oxidativa (OSI) para el aceite de semilla de melón (*cucumis melo*) prensa hidráulica con flujo 15 L/h fue 5.245 ± 0.0212 horas a 110°C, 2.615 ± 0.0071 horas a 120°C y 1.315 ± 0.0071 horas a 130 °C., por lo tanto, podemos decir que, los valores más altos en cuanto a OSI se obtienen conforme decrecen las temperaturas.

De igual manera la estabilidad oxidativa (OSI) para el aceite de semilla de melón (*cucumis melo*) expeller con flujo 15 L/h fue 3.39 ± 0.00 horas a 110°C, 1.8700 ± 0.0141 horas a 120°C y 1.00 ± 0.0424 horas a 130 °C, por lo tanto, para este aceite también podemos decir que, los valores más altos en cuanto a OSI se obtienen conforme decrecen las temperaturas además del uso del equipo de extracción en este caso se obtuvieron valores mayores de estabilidad en el aceite de semilla de melón con el uso de la prensa hidráulica Sin embargo, sus valores de OSI fueron menores respecto a la semilla zapallo macre, esto puede ser de acuerdo al nivel de ácidos grasos insaturados que presenta el aceite, cabe resaltar que no necesariamente una mayor OSI implica menor porcentaje de ácidos grasos insaturados, sino que también puede deberse al contenido de polifenoles y antioxidantes que este contenga. (Villanueva, Rodriguez, Aguirre, & Castro, 2017).

Tabla 45.

Índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla cucúrbita máxima y cucumis melo

Variedad de semilla	Equipo de extracción	Temperatura (°C)		
		110	120	130
		<i>OSI ± SD</i>	<i>OSI ± SD</i>	<i>OSI ± SD</i>
<i>Cucúrbita máxima</i>	Prensa hidráulica	8.84 ± 0.014	4.125 ± 0.0354	2.095 ± 0.0212
	Expeller	2.25 ± 0.014	1.405 ± 0.0212	0.825 ± 0.0212
<i>Cucumis melo</i>	Prensa hidráulica	5.245 ± 0.0212	2.615 ± 0.0071	1.315 ± 0.0071
	Expeller	3.39 ± 0.0000	1.87 ± 0.0141	1.00 ± 0.0424

* SD: Datos expresados como media ± desviación estándar (n=2)

* OSI en horas.

La estabilidad oxidativa del aceite de semilla de zapallo extraído por prensa hidráulica, obtenido en mi estudio demuestra un comportamiento ligeramente superior al compararse con lo reportado por Hidalgo y Núñez (2021) bajo las mismas condiciones experimentales (flujo de 15 L/h y temperaturas de 110, 120 y 130 °C), el aceite alcanzó 8.84 horas a 110 °C, 4.125 horas a 120 °C y 2.095 horas a 130 °C, mientras que los autores mencionados registraron 7.143, 3.193 y 1.897 horas, respectivamente. Esta diferencia, aunque moderada, refleja que el aceite analizado en mi investigación posee mayor resistencia al proceso de oxidación térmica, lo que se traduce en una vida útil más prolongada bajo condiciones aceleradas de envejecimiento, se pone en evidencia que, aun bajo iguales parámetros de ensayo, materia prima y el proceso aplicado, la estabilidad oxidativa puede diferir de manera significativa.

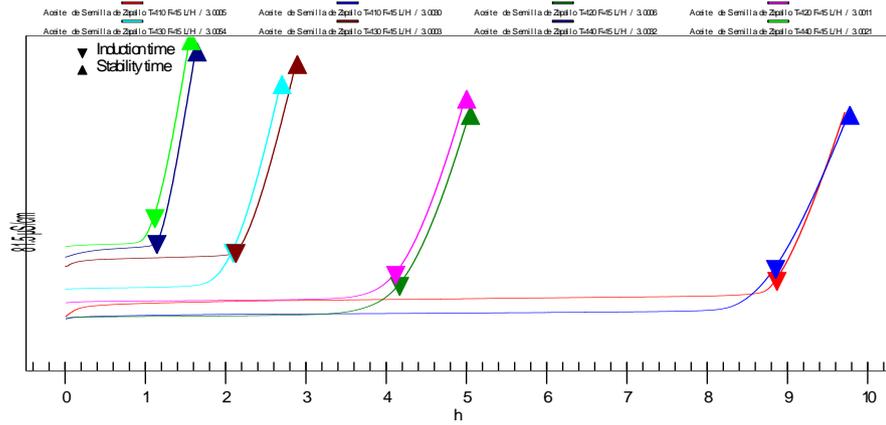


Figura 38. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. máxima* prensa hidráulica a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h.

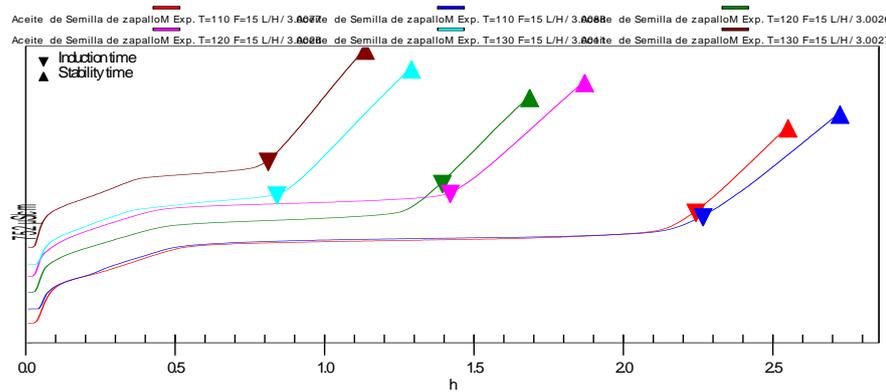


Figura 39. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. máxima* expeller a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h

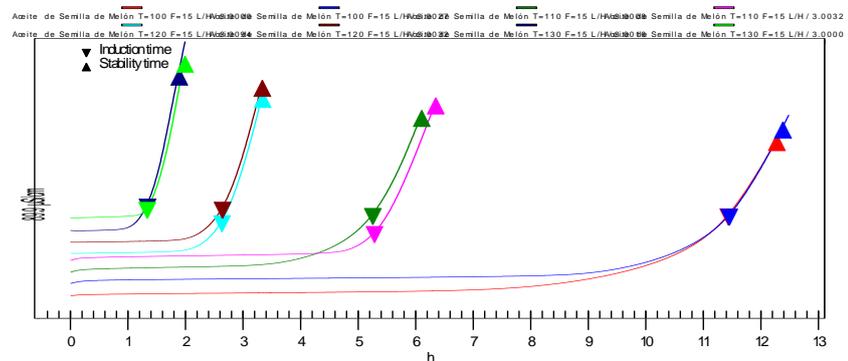


Figura 40. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *Cucumis melo* en Prensa hidráulica a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h.

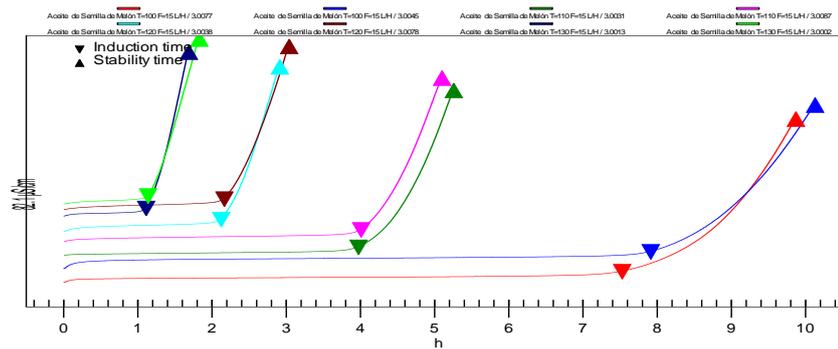


Figura 41. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de cucumis melo en Expeller a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h.

En las figuras 38 y 39 se observa que la prensa hidráulica presenta tiempos de inducción y estabilidad más prolongados en todas las temperaturas, mientras que el expeller muestra una caída más rápida conforme aumenta la temperatura, esto indica que la prensa hidráulica confiere una mayor resistencia a la oxidación en esta semilla.

En las figuras 40 y 41 de igual manera, se repite la tendencia, la prensa hidráulica proporciona mayor estabilidad que el expeller, aunque la diferencia entre métodos es menos marcada en el aceite de semilla *cucumis melo* que en el aceite de *cucúrbita máxima* donde se nota mucho más la diferencia entre métodos de extracción.

En las figuras 38 y 40, aceites extraídos con la prensa hidráulica, el aceite de *cucúrbita máxima* alcanza tiempos de inducción y estabilidad más largos que *cucumis melo*, lo que demuestra una mejor resistencia natural de esta semilla cuando se extrae con prensa hidráulica.

En las figuras 39 y 41, aceites extraídos con expeller, el aceite de *cucúrbita máxima* muestra tiempos de inducción más bajos, indicando menor estabilidad que el aceite de *cucumis melo* que alcanza tiempos de inducción más prolongados, es decir, se oxida más lentamente que *cucúrbita máxima* bajo este método.

En las figuras 38, 39, 40 y 41, el efecto positivo de la prensa hidráulica es evidente en ambas semillas cucurbitáceas, pero se potencia en *cucúrbita máxima*, que muestra la mejor respuesta en estabilidad oxidativa, con respecto al aceite de semilla de *cucumis melo*, es más sensible a la oxidación y aunque mejora con prensa, la diferencia respecto al expeller no es tan amplia como en *cucúrbita máxima*. Esto confirma una doble interacción, la estabilidad oxidativa depende tanto del método de extracción como de la semilla, siendo la combinación *cucúrbita máxima* con la prensa hidráulica la más favorable.

Los resultados de estabilidad oxidativa muestran diferencias claras entre semillas y métodos de extracción, en el método expeller, el aceite de *cucumis melo* presentó mayores tiempos de inducción (3.39 h a 110 °C; 1.87 h a 120 °C; 1 h a 130 °C) en comparación con el de *cucúrbita máxima* (2.25 h; 1.4 h; 0.8 h, respectivamente), evidenciando que bajo este sistema *cucumis melo* es más resistente a la oxidación. En contraste, con la prensa hidráulica se invierte la tendencia: el aceite de *cucúrbita máxima* alcanzó los valores más altos de estabilidad (8.84 h a 110 °C; 4.1 h a 120 °C; 2.1 h a 130 °C), superando ampliamente a *cucumis melo* (5.25 h; 2.6 h; 1.3 h, respectivamente). Este comportamiento confirma una interacción significativa entre el tipo de semilla y el método de extracción, donde la prensa hidráulica potencia la estabilidad del aceite de *cucúrbita máxima* de manera más notoria, mientras que con expeller la ventaja relativa corresponde al aceite de *cucumis melo*.

La estabilidad oxidativa de los aceites estuvo directamente relacionada con la composición de ácidos grasos de cada semilla y con el efecto del método de extracción sobre este perfil, con respecto a la semilla *Cucúrbita máxima*, la prensa hidráulica generó un aceite con mayor proporción de ácido oleico ($\approx 26,6\%$) y menor de ácido linoleico ($\approx 50,9\%$) en comparación con el expeller (oleico $\approx 13,0\%$; linoleico $\approx 59,9\%$), lo que explica su incremento notable de estabilidad, dado que una menor proporción de poliinsaturados reduce la susceptibilidad a la oxidación.

La estabilidad oxidativa en la semilla *Cucumis melo*, en ambos métodos mantuvieron un perfil altamente poliinsaturado (linoleico >73 %) y bajo en oleico (<12 %), por lo que, aunque la prensa hidráulica mostró ligera mejora, la diferencia con respecto al expeller fue reducida, estos resultados confirman que la estabilidad oxidativa depende tanto de la composición intrínseca de la semilla como de la capacidad del método de extracción para preservar un perfil lipídico más favorable a la resistencia oxidativa. “La estabilidad oxidativa también se correlacionó positivamente con el contenido de ácido oleico y negativamente con el contenido de ácido linoleico” (Rodríguez-Blázquez et al., 2023).

“Utilizando un análisis de correlación simple, se encontró que el contenido de ácido oleico se correlaciona más fuertemente con la estabilidad oxidativa de los aceites analizados” (Sabolová et al., 2017).

La evidencia científica reciente respalda que la estabilidad oxidativa de los aceites está íntimamente relacionada con su perfil de ácidos grasos, un mayor contenido de ácido oleico se asocia positivamente con mayor resistencia a la oxidación, mientras que un mayor contenido de ácido linoleico tiene un efecto contrario. Rodríguez-Blázquez et al. (2023), observaron una correlación directa entre la estabilidad y el oleico, y negativa con el linoleico en aceites de semillas del género *Prunus*. Asimismo, Sabolová et al., (2020), identificaron que el contenido de oleico presentó la correlación más fuerte con estabilidad entre múltiples tipos de grasa y aceite. Además, Ahmed et al. (2024), encontraron en aceites refinados que el aceite de canola, rico en oleico, exhibió mayor estabilidad oxidativa en comparación con el aceite de soya, más poliinsaturado, estas investigaciones respaldan los resultados obtenidos, la notable mejora de estabilidad en *Cucúrbita máxima* con prensa hidráulica es consistente con el aumento relativo de oleico y disminución de linoleico; por otro lado, en el aceite de *Cucumis melo*, el perfil lipídico más rico en linoleico y bajo en oleico limita la magnitud de mejora, explicando la menor diferencia entre prensa y expeller.

4.4.5.1. Análisis de varianza de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *Cucúrbita máxima* y *Cucumis melo*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de varios factores para Estabilidad oxidativa. Realiza varias pruebas y gráficas para determinar qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Estabilidad oxidativa. También evalúa la significancia de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos. Las pruebas-F en la tabla 45ANOVA le permitirán identificar los factores significativos. Para cada factor significativo, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuales medias son significativamente diferentes de otras. La Gráfica de Medias y la Gráfica de Interacciones le ayudarán a interpretar los efectos significativos. Las Gráficas de Residuos le ayudarán a juzgar si los datos han violado los supuestos subyacentes al análisis de varianza.

Tabla 46.

Análisis de Varianza para Estabilidad oxidativa - 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>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedades semilla Cucurbitácea	2.8085	1	2.8085	6072.44	0.0000
B: Métodos de extracción	30.3525	1	30.3525	65627.04	0.0000
C: Temperaturas de oxidación	54.5154	2	27.2577	58935.60	0.0000
INTERACCIONES					
AB	9.79204	1	9.79204	21171.97	0.0000
AC	0.934033	2	0.467017	1009.77	0.0000
BC	12.5657	2	6.28287	13584.58	0.0000
ABC	3.8244	2	1.9122	4134.49	0.0000
RESIDUOS	0.00555	12	0.0004625		
TOTAL (CORREGIDO)	114.798	23			

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

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Estabilidad oxidativa en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se

ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 7 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Estabilidad oxidativa con un 95.0% de nivel de confianza, los cuales son las variedades semillas cucurbitáceas, *cucúrbita máxima* y *cucumis melo* pertenecen a la misma familia de cucurbitáceas, métodos de extracción en este caso los equipos de prensado en frío (prensa hidráulica y expeller), las temperaturas de oxidación en el Rancimat, las interacciones entre las variedades y los métodos, la interacción entre los métodos de extracción y las temperaturas de oxidación en el Rancimat (110°C, 120°C y 130°C), y por último la interacción de los 3 factores (variedades de semillas, métodos de extracción y temperaturas de oxidación del Rancimat), mostrando significancia estadística de los factores (valores-P son menores que 0.05).

El análisis de varianza evidencia que tanto los factores principales como sus interacciones ejercen una influencia altamente significativa sobre la estabilidad oxidativa del aceite de semillas de cucurbitáceas.

Destaca que el método de extracción y la temperatura de oxidación son los factores más determinantes (BC), aunque la variedad de semilla también contribuye de forma marcada. Asimismo, las interacciones dobles y triples (ABC) demuestran que los efectos no son independientes, es decir, la respuesta final del aceite depende de la combinación específica de variedad (A), método (B) y temperatura (C). La baja variabilidad residual confirma la solidez del modelo.

4.4.5.2. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Variedades semilla Cucurbitácea

Tabla 47.

Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Variedades semilla Cucurbitácea

<i>Variedades semilla Cucurbitácea</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cucumis melo	12	2.5725	0.00620819	X
Cucúrbita máxima	12	3.25667	0.00620819	X

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cucumis melo - Cucúrbita máxima	*	-0.684167	0.0191294

* indica una diferencia significativa.

El análisis de comparaciones múltiples (Tukey HSD) aplicado al factor variedad de semilla evidenció que Cucumis melo presentó un valor promedio de 2.57, mientras que Cucúrbita máxima alcanzó 3.26. Ambos resultados aparecen dentro del mismo grupo homogéneo (“X”), lo cual indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las dos variedades en cuanto a la variable analizada, esto quiere decir que, aunque se observa una ligera diferencia en las medias, esta no es suficiente para considerarla significativa desde el punto de vista estadístico al nivel de confianza del 95%, ya que las semillas pertenecen a la misma familia de cucúrbitas.

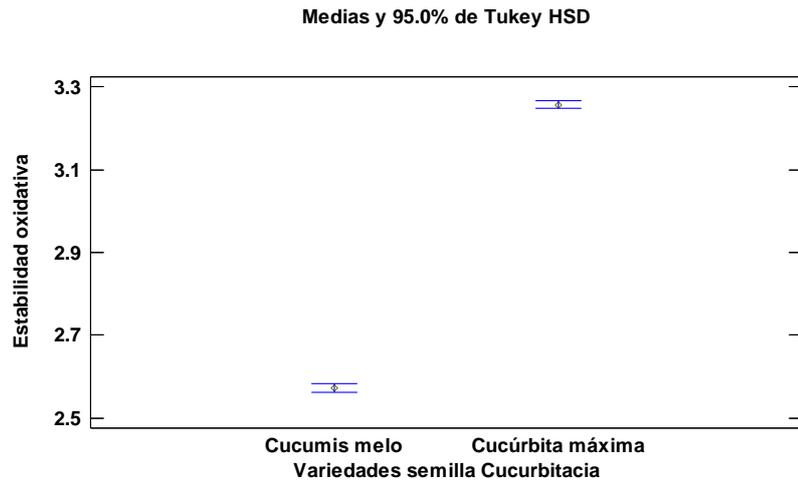


Figura 42. Gráfica de medias para estabilidad oxidativa por Variedades semilla Cucurbitácea de aceites de semilla de cucúrbita máxima y cucumis melo

4.4.5.3. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Temperaturas de oxidación

Tabla 48.

Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por Temperaturas de oxidación

Temperaturas de oxidación	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
130 °C	8	1.30875	0.0076034	X
120 °C	8	2.50375	0.0076034	X
110 °C	8	4.93125	0.0076034	X

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
110 °C - 120 °C	*	2.4275	0.0287661
110 °C - 130 °C	*	3.6225	0.0287661
120 °C - 130 °C	*	1.195	0.0287661

* indica una diferencia significativa

El efecto de la temperatura de oxidación, los resultados muestran que al descender de 130 °C (media 1.31 h) a 120 °C (media 2.50 h) y posteriormente a 110 °C (media 4.93 h), se incrementa significativamente la estabilidad oxidativa del aceite.

El procedimiento de Tukey HSD al 95% confirmó que todas las comparaciones por pares (110–120°C, 110–130°C y 120–130°C) presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), esto implica que incluso reducciones relativamente pequeñas en la temperatura de ensayo generan incrementos notables en el tiempo de inducción, lo cual pone en evidencia la fuerte influencia de la temperatura sobre el deterioro oxidativo.

Entonces con esta prueba podemos afirmar que la estabilidad del aceite de semillas de cucurbitáceas disminuye de manera significativa conforme aumenta la temperatura de oxidación, corroborando la naturaleza termolábil de los ácidos grasos insaturados que lo componen y resaltando la importancia de controlar las condiciones térmicas para preservar sus propiedades funcionales.

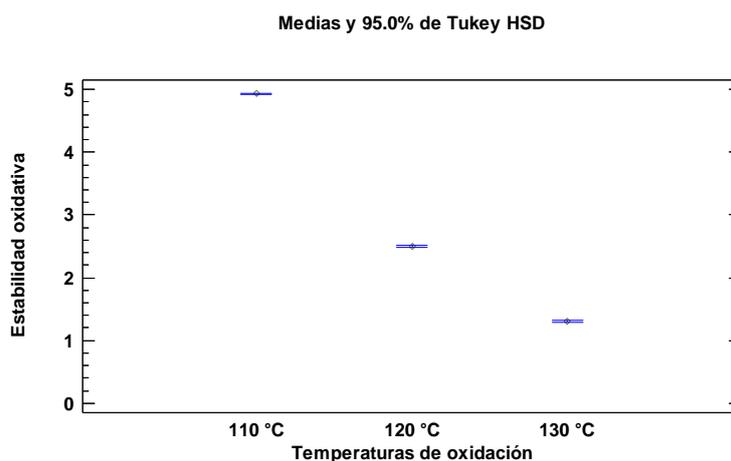


Figura 43. Gráfica de medias para estabilidad oxidativa por temperaturas de oxidación de aceites de semilla de cucurbita máxima y cucumis

4.4.5.4. Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por métodos de extracción

Tabla 49.

Pruebas de Múltiple Rangos para Estabilidad oxidativa por métodos de extracción

Métodos de extracción	de Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Expeller	12	1.79	0.00620819	x
Prensa hidráulica	12	4.03917	0.00620819	x

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Expeller - Prensa hidráulica	*	-2.24917	0.0191294

* indica una diferencia significativa.

Los resultados del análisis de comparación múltiple mediante el procedimiento de Tukey HSD al 95% de confianza evidencian que existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de extracción.

La prensa hidráulica presentó un promedio de estabilidad oxidativa de 4.04 h, mientras que el aceite obtenido por expeller mostró un promedio de 1.79 h, la diferencia entre ambos métodos (2.25 h) fue significativa ($p < 0.05$), lo cual indica que el método de prensado hidráulico confiere una mayor resistencia a la oxidación en comparación con el expeller.

Este resultado puede atribuirse a las diferencias inherentes en el proceso de extracción, debido que el expeller implica mayor fricción y generación de calor durante el prensado, lo que puede acelerar la degradación de compuestos antioxidantes naturales y aumentar la susceptibilidad oxidativa, la prensa

hidráulica ejerce una extracción más suave y controlada, preservando mejor los compuestos bioactivos.

Esta prueba nos permite confirmar que el método de extracción es un factor determinante en la estabilidad oxidativa del aceite de semillas de cucurbitáceas, siendo la prensa hidráulica la que ofrece una ventaja significativa bajo las condiciones evaluadas, por lo tanto se confirma la hipótesis planteada, el método de prensado en frío mediante prensa hidráulica presenta un efecto significativo en la obtención de aceites de semillas cucurbitáceas con mejores características fisicoquímicas y mayor estabilidad oxidativa, en comparación con el prensado en frío con expeller.

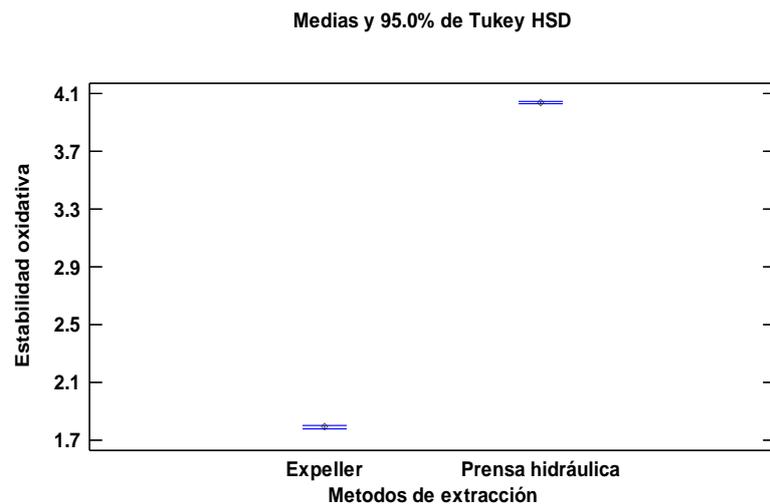


Figura 44. Gráfica de medias para estabilidad oxidativa por métodos de extracción de aceites de semilla de cucúrbita máxima y cucumis melo

En esta gráfica se observa que la prensa hidráulica alcanza valores de estabilidad oxidativa notablemente mayores que el método expeller, como solo se comparan medias sin cruzamiento de líneas, no se aprecia interacción, sino un efecto principal del método de extracción, lo que nos indica, que independientemente de otras variables, el aceite obtenido por prensa hidráulica

presenta mayor resistencia a la oxidación, esto quiere decir que el análisis de medias muestra que el método de prensa hidráulica incrementa significativamente la estabilidad oxidativa del aceite en comparación con el método expeller, evidenciando un efecto principal del tipo de extracción.

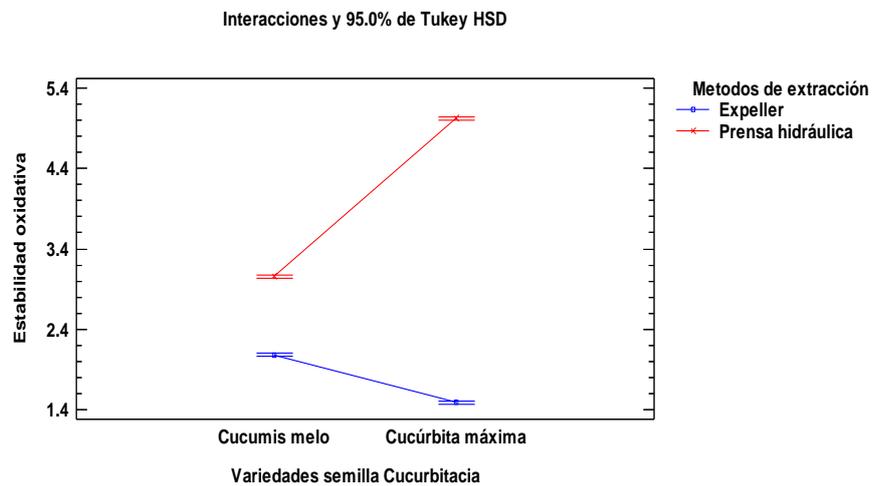


Figura 45. Gráfica de interacciones entre los métodos de extracción y las variedades de semillas cucurbitáceas sobre la estabilidad oxidativa del aceite

En la figura se observa que las líneas no son paralelas, esto refleja una interacción significativa entre la variedad y el método de extracción, donde el “efecto” del método de extracción depende de la variedad de semilla, ya que la prensa mejora la estabilidad de los aceites en estas dos semillas, sin embargo, para la variedad *Cucumis melo*, ambos métodos muestran estabilidad baja, pero la prensa muestra una mayor estabilidad respecto al expeller, pero no tan evidente como en el aceite de *Cucúrbita máxima*, donde la prensa hidráulica incrementa considerablemente la estabilidad respecto al expeller.

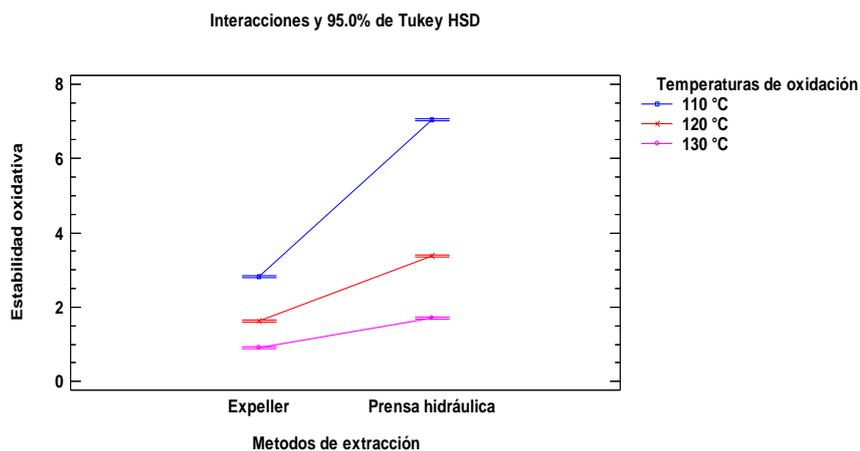


Figura 46. Gráfica de interacciones las temperaturas de oxidación y los métodos de extracción sobre la estabilidad oxidativa del aceite

En la gráfica se observa que las líneas no son paralelas y se cruzan parcialmente, lo cual indica interacción significativa, a medida que la temperatura aumenta, la estabilidad oxidativa disminuye en ambos métodos, pero la pendiente de reducción es diferente, el aceite extraído por expeller muestra una caída más pronunciada en estabilidad que el obtenido por prensa hidráulica, la interacción entre temperatura y método de extracción evidenció que el aumento de la temperatura reduce la estabilidad oxidativa en ambos casos, aunque el descenso es más pronunciado en aceites obtenidos por expeller.

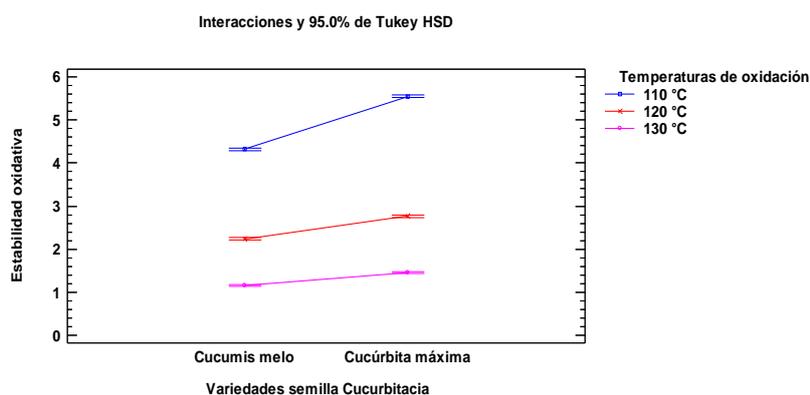


Figura 47. Gráfica de interacciones entre las temperaturas de oxidación del Rancimat (110, 120 y 130°C) y las variedades de semillas cucurbitáceas sobre la estabilidad oxidativa del aceite

En la figura se observa que las líneas presentan direcciones similares y no se cruzan, aunque no son completamente paralelas, esto indica que la interacción no es fuerte, pero existe cierta diferencia, en general, la variedad *Cucúrbita máxima* mantiene una estabilidad superior a *Cucumis melo* en todas las temperaturas, con un comportamiento consistente, la interacción entre variedad y temperatura no fue marcada, ya que en todas las condiciones evaluadas, la variedad *Cucúrbita máxima* mostró mayor estabilidad oxidativa que *Cucumis melo*.

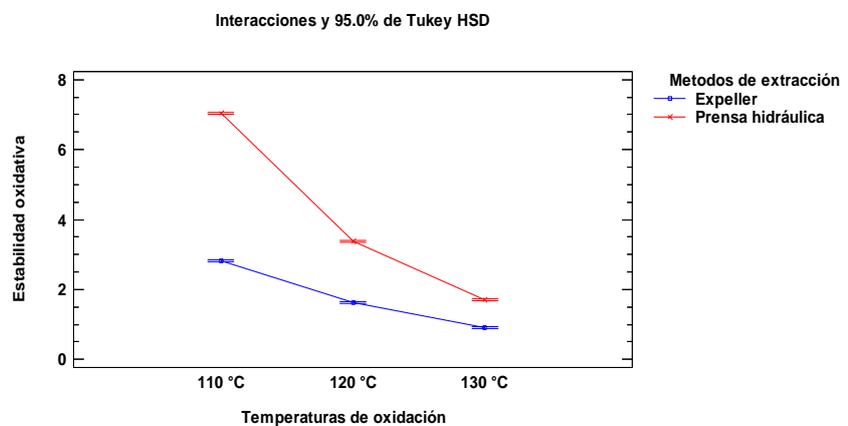


Figura 48. Gráfica de interacciones entre el método de extracción y la temperatura de oxidación sobre la estabilidad oxidativa del aceite.

En la Figura 48, se observa que las líneas tienden a ser más paralelas, aunque con cierta separación, lo que sugiere que la interacción no es tan fuerte como en la figura 46. Se observa la interacción entre el método de extracción y la temperatura de oxidación sobre la estabilidad oxidativa del aceite, donde la prensa hidráulica mostró valores de estabilidad oxidativa (OSI) superiores en comparación con el expeller en todas las temperaturas evaluadas, confirmando la hipótesis planteada; sin embargo, la diferencia entre ambos métodos no fue constante, ya que a 110 °C la ventaja de la prensa hidráulica fue más marcada, mientras que a 130 °C la brecha entre métodos se redujo, este

comportamiento evidencia una interacción significativa, donde la eficacia de la prensa hidráulica para mejorar la estabilidad oxidativa depende de la temperatura aplicada.

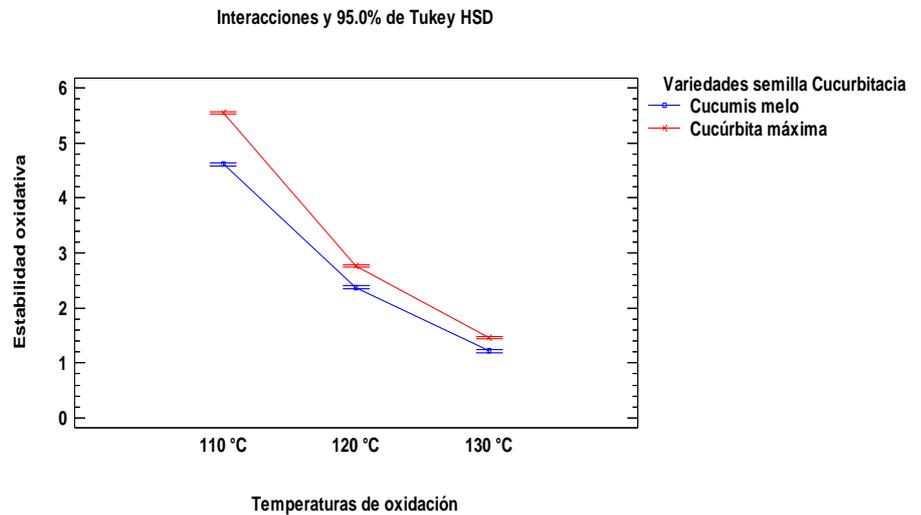


Figura 49. Gráfica de interacciones entre las variedades de semilla cucurbitácea y la temperatura de oxidación sobre la estabilidad oxidativa del aceite.

En la gráfica 49 este caso, las líneas son casi paralelas, lo que indica ausencia de interacción significativa, ambas variedades responden de manera similar al incremento de la temperatura, ya que la estabilidad disminuye gradualmente, no obstante, el aceite de la semilla *Cucúrbita máxima* presenta valores levemente más altos. No se observó interacción significativa entre los aceites de la variedad de semilla y la temperatura de oxidación, ya que ambas siguen un patrón descendente similar, sin embargo, la variedad *cucúrbita máxima* mantuvo valores más altos de estabilidad oxidativa.

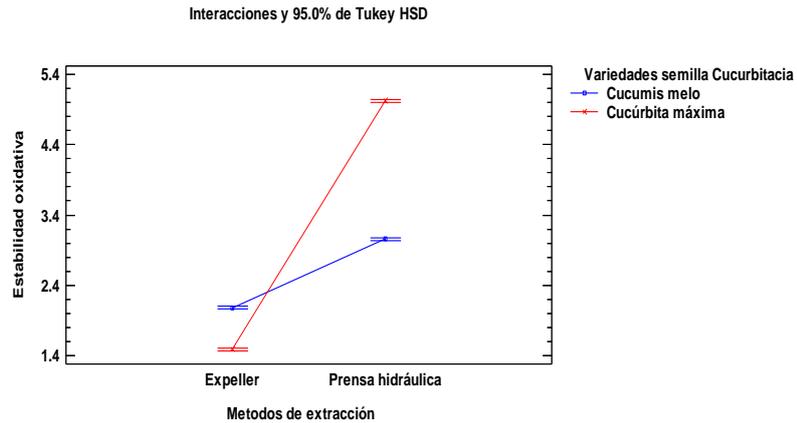


Figura 50. Gráfica de interacciones entre las variedades de semillas cucurbitáceas y los métodos de extracción sobre la estabilidad oxidativa del aceite.

En la figura se observan que las líneas no son paralelas y muestran una separación clara, lo que sugiere una interacción significativa, el aceite de *cucurbita máxima* responde mejor a la prensa hidráulica, alcanzando mayor estabilidad, mientras que el de *cucumis melo* presenta valores bajos sin importar el método de extracción. En otras palabras, estos resultados confirman que la prensa hidráulica mejora la estabilidad oxidativa del aceite en comparación con el método expeller, aunque el efecto depende de la semilla utilizada, en particular, el aceite de *cucurbita máxima* obtuvo la mayor estabilidad con la prensa hidráulica, mientras que el aceite de *Cucumis melo* mostró un aumento más moderado, esto indica que, aunque la prensa hidráulica tiende a proporcionar mayor estabilidad, la magnitud del efecto está influenciada por la variedad de semilla, respaldando la hipótesis planteada, se identificó una interacción significativa entre variedad de semilla y método de extracción, la semilla *cucurbita máxima* presentó la mayor estabilidad cuando se utilizó prensa hidráulica, mientras que *cucumis melo* mostró bajos valores en ambos métodos, pero una mayor estabilidad con la prensa hidráulica.

4.4.6. Estimación de la vida útil de los aceites extraídos de semilla de Zapallo Macre (*cucumis melo*) y Melón Cantalupo (*cucumis melo*)

Los valores de vida útil a 25°C, se determinaron de la relación lineal entre temperatura y el Log (OSI), cuyos valores de A el coeficiente de temperatura, B el valor empírico y el valor R es un coeficiente de linealidad de los valores OSI, que sirve para poder hallar el tiempo de vida útil del aceite, los valores se muestran en la tabla 49.

Tabla 50.

Valores de regresión lineal A y B de los aceites extraídos para estimarla vida útil de los aceites a 25°C.

Variedad de semilla	Equipo de extracción	Flujo de aire (L/h)	A (°C ⁻¹)	B	R ²
<i>Cucúrbita máxima</i>	Prensa hidráulica	15	16689.163859	-0.068891	0.998038
	Expeller	15	566.909595	-0.050173	0.997827
<i>Cucumis melo</i>	Prensa hidráulica	15	14612.652055	-0.071806	0.999088
	Expeller	15	4728.937018	-0.062555	0.999460

Los resultados de la extrapolación para la estimación de la vida útil se presentan en la Tabla 50, los datos permiten evaluar de manera directa cómo cada factor afecta la estabilidad oxidativa del aceite y, por ende, su vida útil.

Tabla 51.*Valores de extrapolación de OSI a 25°C (temperatura ambiente)*

Variedad de semilla	Equipo de extracción	Flujo de aire (L/h)	Vida útil (años)
<i>Cucúrbita máxima</i>	Prensa hidráulica	15	0.34
	Expeller	15	0.02
<i>Cucumis melo</i>	Prensa hidráulica	15	0.28
	Expeller	15	0.07

La Tabla 51 presenta de manera detallada todos los tiempos de vida útil estimados a diferentes temperaturas, estos resultados permiten analizar cómo varía la estabilidad oxidativa del aceite en función de la temperatura, facilitando la comparación entre las distintas condiciones de almacenamiento.

Tabla 52.*Valores de extrapolación de OSI a diferentes temperaturas de almacenamiento*

Temperaturas (°C)	Vida útil de los aceites (años)			
	<i>Cucúrbita máxima</i>		<i>Cucumis melo</i>	
	Prensa hidráulica	Expeller	Prensa hidráulica	Expeller
5	1.35	0.05	1.17	0.16
10	0.96	0.04	0.82	0.12
20	0.48	0.02	0.40	0.07
25	0.34	0.02	0.28	0.068
30	0.24	0.01	0.19	0.04

La vida útil de los aceites de semillas cucurbitáceas disminuye significativamente con el aumento de la temperatura, la prensa hidráulica preserva mejor la estabilidad oxidativa que el método expeller, el aceite de *cucúrbita máxima* muestra mayor resistencia a la

oxidación que el aceite de *cucumis melo*, la combinación óptima para prolongar la vida útil de los aceites en este estudio es mantener bajas temperaturas y usar prensa hidráulica.

V. CONCLUSIONES

- Las semillas pertenecientes a la familia de las cucurbitáceas se caracterizaron fisicoquímicamente, encontrándose que las de zapallo macre (*cucúrbita máxima*) fueron superiores por su mayor contenido de proteínas (43.17%) y grasas (35.44%), mientras que las de melón (*cucumis melo*) presentaron menores valores de proteínas (22.31%) y grasas (25.35%).
- Los aceites de semillas de cucurbitáceas se extrajeron por prensado en frío (prensa hidráulica y expeller), obteniéndose mayor rendimiento con expeller en zapallo macre (19.73%) y melón cantalupo (14.06%), mientras que los aceites extraídos con prensa hidráulica mostraron mejores propiedades fisicoquímicas y mayor estabilidad oxidativa (OSI).
- Se caracterizaron fisicoquímicamente los aceites de zapallo y melón mostraron densidades similares (0.9274–0.9290 g/cm³) e índices de refracción cercanos (1.4719–1.4769). Los resultados más favorables se obtuvieron con prensa hidráulica, ya que presentaron menor acidez (1.12% zapallo; 1.88% melón), bajos índices de peróxido (0.1986–1.1993 meqO₂/kg) y valores moderados de yodo (31.62 y 62.73 g I₂/100 g). En cambio, los aceites obtenidos por expeller tuvieron mayor acidez (12.60% y 6.92%), más peróxidos (1.3965–1.5882 meqO₂/kg) y yodo más elevado (362.83 y 120.71 g I₂/100 g). En conjunto, el aceite de zapallo por prensa hidráulica presentó las mejores propiedades fisicoquímicas y mayor estabilidad.
- Se evaluó la estabilidad oxidativa (OSI) de los aceites de semillas de cucurbitáceas, observándose que disminuye al aumentar la temperatura. Para el aceite de zapallo macre, la OSI con prensa hidráulica fue de 8.84 ± 0.014 h a 110 °C, 4.125 ± 0.0354 h a 120 °C y 2.095 ± 0.0212 h a 130 °C, mientras que con expeller fue de 2.25 ± 0.014 h, 1.405 ± 0.0212 h y 0.825 ± 0.0212 h, respectivamente. En el aceite de melón, la OSI con prensa hidráulica fue de 5.245 ± 0.0212 h a 110 °C, 2.615 ± 0.0071 h a 120 °C y 1.315 ± 0.0071 h a 130 °C, y con expeller de 3.39 ± 0.00 h, 1.870 ± 0.0141 h y 1.00 ± 0.0424 h, respectivamente. Por lo tanto, la combinación que mostró mayor resistencia a la oxidación fue el aceite de zapallo macre obtenido por prensa hidráulica.
- Se determinó el perfil de ácidos grasos de los aceites de semillas de cucurbitáceas mediante cromatografía de gases. El aceite de zapallo obtenido por prensa

hidráulica presentó 22.03% de saturados, 26.92% de monoinsaturados (ácido oleico 26.631%) y 51.05% de poliinsaturados (ácido linoleico 50.901%), mientras que por expeller tuvo 26.21% de saturados, 13.55% de monoinsaturados (ácido oleico 13.022%) y 60.35% de poliinsaturados (ácido linoleico 59.913%). El aceite de melón con prensa hidráulica mostró 14.33% de saturados, 11.92% de monoinsaturados (ácido oleico 11.335%) y 73.83% de poliinsaturados (ácido linoleico 73.490%), y por expeller 13.50% de saturados, 10.50% de monoinsaturados (ácido oleico 9.885%) y 76.00% de poliinsaturados (ácido linoleico 75.718%). El aceite con mejor combinación fue el de semilla de zapallo macre obtenido por prensa hidráulica, por su alto contenido de ácido oleico, que aporta mayor estabilidad oxidativa, mientras que el aceite de semilla de melón obtenido por expeller destacó por su alto contenido de ácido linoleico, que ofrece beneficios nutricionales.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evitar exponer las semillas de zapallo y melón a tratamientos térmicos elevados antes y durante la extracción de aceite, con el fin de preservar la estabilidad oxidativa del aceite y mantener intactos los ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el ácido linoleico, evitando su degradación y asegurando un producto final de mayor calidad nutricional y funcional.
- Controlar la humedad/ A_w antes de la extracción de aceite, secar hasta obtener una humedad $< 10\%$, $A_w < 0.60$ (ya que si el valor es inferior a 0.6 a_w , todo el crecimiento bacteriano, levaduras y mohos se inhibe, mientras que si es inferior a 0.2 A_w se presenta la oxidación de lípidos), para limitar actividad enzimática y microbiana sin degradar antioxidantes.
- Debido al alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linoleico, se sugiere almacenar los aceites en envases ámbar, cubrir con una capa de nitrógeno, guardar en refrigeración (5°C) y con mínima exposición al oxígeno, para prevenir rancidez y pérdida de calidad.
- Probar mezclas de aceite de zapallo (mayor estabilidad) con aceite de melón (alto linoleico) para optimizar perfil nutricional y vida útil.
- Los aceites de semilla de zapallo y melón, por su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linoleico, pueden incorporarse como ingredientes funcionales en productos alimentarios, como aceites comestibles, aderezos, margarinas saludables o suplementos nutricionales, aportando valor agregado y beneficios nutricionales.
- Fomentar la producción y uso de aceites de semilla de zapallo y melón como ingredientes en industria alimentaria y cosmética, destacando su composición rica en linoleico y oleico.
- Se recomienda aprovechar las tortas desgrasadas resultantes de la extracción de aceite de semillas de zapallo y melón como harinas proteicas para la industria alimentaria, debido a su alto contenido de proteínas y compuestos bioactivos. Estas harinas pueden incorporarse en productos funcionales como barras energéticas, galletas, panificación,

suplementos nutricionales o alimentos balanceados, contribuyendo a la valorización de subproductos y al desarrollo de alimentos con mayor valor nutricional y funcional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe. (2019). *Perú tiene oportunidad para exportar melones de alta calidad a Europa*. <https://agraria.pe/noticias/peru-tiene-oportunidad-para-exportar-melones-de-alta-18351>
- Ahmed, I., Chatha, S. A. S., Iftikhar, N., Farooq, M. F., Zulfiqar, H., Ali, S., Hussain, S. M., Alshehri, M. A., Al-Ghanim, K. A., & Hussain, A. I. (2024). Calidad nutricional de aceites de semillas seleccionados disponibles en el mercado y efecto de las condiciones de almacenamiento en su estabilidad oxidativa. *PLOS ONE*, 19(10), e0308117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308117>
- Almeida, R. L. J., Santos, N. C., dos Santos Pereira, T., de Alcântara Silva, V. M., de Alcântara Ribeiro, V. H., da Silva, L. R. I. y da Silva Eduardo, R. (2020). Cinética de secagem de sementes de melão descrita por um modelo de difusão. *Research, Society and Development*, 9(5), e32953146-e32953146.
- Almoselhy, R. I. M. (2021). Comparative study of vegetable oils oxidative stability using DSC and Rancimat methods. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(1), 299-312. https://ejchem.journals.ekb.eg/article_134825.html.
- Amaro, A. L., Spadafora, N. D., Pereira, M. J., Dhorajiwala, R., Herbert, R. J., Müller, C. T., Pintado, M. (2018). Multitrait analysis of fresh-cut cantaloupe melon enables discrimination between storage times and temperatures and identifies potential markers for quality assessments. *Food chemistry*, 241, 222-231.
- Arias Niebla, J. C. (2021). *Evaluación de la viabilidad de semillas en seis variedades de melón (cucumis melo l.) mediante pruebas de tetrazolio*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Machala].
- Artica Mallqui, L., Baquerizo Canchumanya, M., Rosales Papa, H., & Rodríguez Paucar, G. (2021). Ácidos grasos, tocoferoles y fitoesteroles en aceites de

semillas de granadilla y zapallo extraído con CO2 supercrítico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 3-13.

Artica-Mallqui, L.; Baquerizo-Canchumanya, Mery-Luz; Rosales-Papa, Hermes-Amadeo; Rodriguez Paucar, Gilbert-Nilo. Características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de aceites de calabaza, zapallo y soya, durante el tratamiento térmico. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 21, n. 2, 2023, p. 75-86. Doi:<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2087>

Bruni, A. R. S., Alves, E. S., Campos, T. A. F., Carvalho, L. C., & Santos Júnior, O. O. (2025). Incorporation of natural antioxidants into biodegradable food packaging: Enhancing food quality and shelf life. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 36(9), e-20250074. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20250074>

Cabezas-Zábala, C. C., Hernández-Torres, B. C., Vargas-Zárate, M. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Rev. Fac. Med.* 2016;64(4):761-8. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684>.

Castro Holguín, K. V., & Jacome Calie M. D. (2022). “*Caracterización físico-químicas del aceite de la semilla de sandía (citrullus lanatus) y melón (cucumis melo) usando tres métodos de extracción (prensado en frío, solvente químico y combinado)*”. [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6886>

Coanqui, T., & Cabrera, S. (2020). Aceite de semillas de Cucurbitaceae y su efecto en la salud. *Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión*, 19(1), 11-20.

- Condori Chaparro, W. W. (2023). *Determinación del rendimiento a la aplicación de cuatro tipos de compost en el cultivo de melón (Cucumis melo L.) var. Holbrook F1 en el CEA III Los Pichones*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]
- Delgado, G., Rojas, C., Sencie, A., & Vázquez, L. (2014). Caracterización de frutos y semillas de algunas cucurbitáceas en el norte del Perú. *Revista fitotecnia mexicana*, 7-20.
- Delucchi, C., Percibaldi, M., Trejo, M., & Eyhérbide, G. (2019). Mejoramiento genético del perfil de ácidos grasos del aceite de maíz. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(2), 159–181. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://ria.inta.gob.ar>
- Duque Martínez, C. (2024). *Efecto del alfa tocoferol sobre la estabilidad oxidativa de una mezcla de aceite de palma y de girasol utilizada en una matriz de galletas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87103>
- Durand, E., Laguerre, M., Bourlieu-Lacanal, C., Lecomte, J., & Villeneuve, P. (2025). Navigating the complexity of lipid oxidation and antioxidation: A review of evaluation methods and emerging approaches, *Progress in Lipid Research*, 97, 2025, 101317. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2024.101317>.
- Encuesta mensual a establecimientos agroindustriales (2024). *Producción Agroindustrial Alimentaria 2023*. Sistema Integrado de Estadística Agraria, Editorial MIDAGRI,
- Espinoza-Arias, D. D., (2021). *Estudio de las Características Fisicoquímicas y Compuestos Contaminantes del Aceite de Sandía (Citrullus lanatus)*

Considerando Distintas Variedades y Métodos de Extracción. [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio institucional ESPE.

Fernandes, R. (2020). Flora Iberica. Floraiberica.es. Retrieved 23 August 2020, from http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/03_069_04_Cucumis.pdf

Fernández Robles, E. A. (2022). *Elaboración y medición de las propiedades fisicoquímicas de la harina de zapallo (Cucurbita maxima) con diferentes estados de madurez* [Tesis de maestría, Universidad de Las Américas]. Repositorio institucional UDLA.

Freire, J. B. (2023). Determinación del perfil lipídico en harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para establecer el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados. Universidad técnica de Ambato.

Gallegos, R. J. R., Monrroy, L. I. M., Mamani, H. I. L., Huayta, Q. F., Rafael, M. L. C., & Coyla, S. E. (2022). Determinación de las propiedades físicas de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) / Determination of the physical properties of ten varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Núcleo de Investigación Científica*, 4(1). <https://doi.org/10.47190/nric.v4i1.4>

García, L., Ruiz, I., Diéguez, A., & Miguélez, E. (2021). Beneficios de los ácidos grasos esenciales. *El farmacéutico: profesión y cultura*, (596), 24-29.

Geng, L., Liu, K., & Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1192199. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>

- Gonzales Iquira, M. A. (2021). *Diseño de un proceso para la producción de aceite comestible a partir de materias primas alternativas: semillas de zapallo y su grado de aceptación en el consumidor de Arequipa* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13178>
- Hayqui Betancurt, H. (2016). *Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo de la variedad Macre (Cucurbita maxima)*. [Tesis de Grado, Universidad Peruana Unión]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17460>
- Kozłowska, M., Ziarno, M., Zawada, K., Kowalska, H., Derewiaka, D., Chobot, M., & Ścibisz, I. (2025). Evaluación de algunos parámetros de calidad de semillas y aceite de calabaza después de tostarlas con mejorana. *Alimentos*, 14(2), 172. <https://doi.org/10.3390/foods14020172>
- León Velandia, J. F. (2023). *Caracterización y extracción de aceite de semillas de calabaza para la producción de un batido funcional* (Trabajo de grado, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia). Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstreams/938c3b2b-43ee-4bec-b8aa-2c2ea051b15c/download>
- Lifeder. (2022, 1 de julio). *Cromatografía de gases*. <https://www.lifeder.com/cromatografia-de-gases/>
- Lin, Z., Zhang, C., Zhang, H., Chen, J., & Wang, L. (2025). Singlet oxygen in food: A review on its formation, oxidative damages, quenchers and applications in preservation. *Antioxidants*, 14(7), 865. <https://doi.org/10.3390/antiox14070865>

- Livias Alvino, J., & Loyola Aguirre, R. D. (2018). *Efecto de incorporación de silicio en el rendimiento del cultivo de zapallo (Cucurbita maxima Dutch) variedad macre, en condiciones agroecológicas de panao, pachitea, Huánuco 2018*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”].
- Luo, Q., Huang, X., Wu, J., Mou, X., Xu, Y., Li, S., Ma, G., Wan, F., & Peng, L. (2024). Análisis de simulación y parámetros Optimización de la separación de semillas- Flesh Separation Process of Seed Melonshing and Seed Extraction Separator Basado en DEM. *Agricultura*, 14 (7). <https://doi.org/10.3390/agriculture14071008>
- Martin-Gómez, J. J., Gutiérrez del Pozo, D., Rodríguez-Lorenzo, J. L., Tocino, Á., & Cervantes, E. (2024). Geometric Analysis of Seed Shape Diversity in the Cucurbitaceae. *Seeds*, 3(1), 40-55. <https://doi.org/10.3390/seeds3010004>
- Méndez Galván, E. M. (2023). *Propiedades fisicoquímicas del aceite de las semillas de roble (tabebuia rosea) y valor nutricional de la torta* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/b1b05904-7656-4a2b-9cbe-dd64521f5e2b/content>
- Millones Isique, L. M. (2020). *Efecto de la temperatura del tostado sobre el rendimiento del aceite obtenido a partir de las semillas de zapallo sin cáscara (Cucurbita maxima)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8743>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021). Manejo del Cultivo de Zapallo Macre (cucurbita maxima Duch) bajo condiciones de la costa central del Perú.
- Mohammed, A., Abdulrasak, M. A., Musa, A. L., Liman, J. H., & Nweke, A. (2024). Physicochemical properties of oil extracted from pumpkin (Cucurbita pepo)

seeds. *Lafia Journal of Scientific & Industrial Research*, 2(1), 5–9.

<https://doi.org/10.62050/ljsir2024.v2n1.276>

Morejon, J. A., Calie, M. D. J., Holguín, K. V. C., Muñoz, D. M. Z., Escobar, K. R., Muñoz, R. M. Z. y Cedeño, J. A. A. (2023). Caracterización fisicoquímica de aceite de semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*) considerando distintos métodos de extracción. *Innovaciencia*, 11(1).

Musakhanian, J., Rodier, JD. & Dave, M. (2022). Oxidative Stability in Lipid Formulations: a Review of the Mechanisms, Drivers, and Inhibitors of Oxidation. *AAPS PharmSciTech*, 23, 151. <https://doi.org/10.1208/s12249-022-02282-0>

Núñez Morales, S. M., & Hidalgo Castro, D. A. (2021). *Determinación de la estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite de semilla de cucurbita máxima y cucurbita ficifolia*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Santa].

Paucar Menacho, L., Salvador Reyes, R., Guillén Sánchez, J., Capa Robles, J., & Moreno Rojo, C. (2015). Estudio Comparativo de las características fisicoquímicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* I), aceite de oliva (*Olea europea*) y aceite crudo de pescado. *Sciencia Agropecuaria*, 6(4).

Obtenido de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207799172015000400005

Pérez, M. M. (2020). Consecuencias en la salud humana del uso de las tecnologías de producción de aceites vegetales refinados de semillas. *Revista cubana de investigaciones biomédicas*, 39(1), 1-16.

- Rabadán, A., Nunes, M. A., Bessada, S. M. F., Pardo, J. E., Oliveira, M. B. P. P., & Álvarez-Ortí, M. (2020). Del subproducto a la cadena alimentaria: melón (*Cucumis melo* L.) Las semillas como fuente potencial de aceites. *Alimentos*, 9(10), 1341. <https://doi.org/10.3390/foods9101341>
- Ramírez, J., Herrera, A., Aguirre, C. L., Covarrubias, J., Iturriaga, G., y Raya, J. C. (2016). Characterization of storage proteins and mineral content melon seed (*Cucumis melo* L.) *Rev. Mex. Cien. Agríc*, 7 (7): 1667-1678. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n7/2007-0934-remexca-7-07-1667-en.pdf>.
- Rezig, L., Martine, L., Nury, T., Msaada, K., Mahfoudhi, N., Ghzaiel, I., Prost-Camus, E., Durand, P., Midaoui, A. E., Acar, N., Latruffe, N., Vejux, A., & Lizard, G. (2022). Perfiles de ácidos grasos, polifenoles, esteroides y tocoferoles y propiedades eliminadoras de los aceites mediterráneos: nuevas fuentes de nutrientes dietéticos para la prevención de enfermedades relacionadas con la edad. *Revista de ciencia del óleo*, 71(8), 1117–1133. <https://doi.org/10.5650/jos.ess22110>
- Rivas, L. Y., & Gutiérrez, R. (2023). Ingesta dietética de ácidos grasos Omega 3, 6 y 9 en adultos de Panamá. *Revista de Investigación Científica*, 3(1), 1-7.
- Rodríguez, R. A., Valdés, M. P., y Ortiz, S. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 10(1), 86-97. <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.636>
- Rodríguez-Blázquez, S., Gómez-Mejía, E., Rosales-Conrado, N., León-González, M. E., García-Sánchez, B., & Miranda, R. (2023). Valorización de los aceites de

- semilla de *Prunus*: composición de ácidos grasos y estabilidad oxidativa. *Moléculas*, 28(20),7045. <https://doi.org/10.3390/molecules28207045>
- Rojas Casado, M. D. C. (2020). *Generación de doble haploides mediante ginogénesis, una estrategia biotecnología para la mejora genética de melón (cucumis melo) y pepino (cucumis sativus)*. [Tesis de Máster, Universidad Nacional de Almería]. <https://repositorio.ual.es/handle/10835/10262>
- Rolnik, A., & Olas, B. (2020). Hortalizas de la familia de las Cucurbitáceas y sus productos: Efecto positivo en la salud humana. *Nutrition*, 78, 1-6.
- Sabolová, M., Johanidesová, A., Hasalíková, E., Fišnar, J., Doležal, M., & Réblová, Z. (2017). Relación entre la composición de grasas y aceites y su estabilidad oxidativa a diferentes temperaturas, determinada mediante el aparato Oxipres. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(7), 1600454. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600454>
- Serra Bisbal, J. J., Melero Lloret, J., Martínez Lozano, G., & Fagoaga, C. (2020). Especies vegetales como antioxidantes de alimentos \[Plant species as food antioxidants]. *Nereis. Interdisciplinary Ibero-American Journal of Methods, Modelling and Simulation*, (12), Article 577. <https://revistas.ucv.es/nereis/index.php/Nereis/article/download/577/719>.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). *Lipid oxidation and improving the oxidative stability*. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079. <https://doi.org/10.1039/B922183M>
- Singh, A. K., Rana, H. K., & Pandey, A. K. (2022). The oxidative stress: Causes, free radicals, targets, mechanisms, affected organs, effects, indicators. En S. M. Nabavi & A. S. Silva (Eds.), *Antioxidants Effects in Health* (pp. 33-42). Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819096-8.00012-4>

- Villanueva López, E.; Castillo Benites, D.; Rodríguez Páucar, Gilbert Influencia de los parámetros Rancimat sobre la determinación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de *Sesamum indicum* L. *Scientia Agropecuaria*, vol. 4, núm. 3, 2013, pp. 173-180 Universidad Nacional de Trujillo Trujillo, Perú
- Wang, D., Xiao, H., Lyu, X., Chen, H., & Wei, F. (2023). Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. *Oil Crop Science*, 8*(1), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>
- Zhang, G., Li, Z., Liu, L., & Xiang, Q. (2024). Road to valorisation of melon seeds (*Cucumis melo* L.): A comprehensive review of nutritional profiles, biological activities, and food applications. *Sustainable Food Technology*, 2(5), 1166–1182. <https://doi.org/10.1039/d4fb00119b>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Equipos y materiales



Secador de bandejas



Termobalanza



Balanza analítica



Secador de bandejas



Molino CORONA,
Serie: P-Granos



Prensa hidráulica NEO
Modelo PH 1020



Pulverizador



Campana extractora



Baño maría



pH-metro



Cromatógrafo de gases



Agitador



Refractómetro digital



Expeller Karaerler, NF80,
NF802020312



Rancimat 743 Mod. Metrohm



Centrifuga refrigerada
SIGMA 4-16 KS



Dumas



Soxtec



Determinador de fibra

Anexo 2. Obtención y acondicionamiento de semilla de melón (*Cucumis melo*)



Acopio de materia prima



Lavado de semillas



Secado solar



Almacenamiento

Anexo 3. Obtención y acondicionamiento de semilla de zapallo (*Cucurbita Maxima*)



Recolección de materia
prima



Limpieza



Lavado de semillas



Secado



Enfriado



Pesado



Almacenamiento

Anexo 4. Análisis proximal de semillas de zapallo (*Cucurbita Maxima*) y melón (*Cucumis melo*)

Anexo 4.1. Determinación de humedad en semillas



Pesado de crisol



Pesado de muestras



Secado



Pesado

Anexo 4.2. Determinación de ceniza en semillas



Pesado de crisol y muestras



Quemado de muestras



Incinerado de muestras



Pesado

Anexo 4.3. Determinación de grasa en semillas



Pesado de vasos



Pesado de muestra triturada



Colocar muestra en el cartucho



Colocar los cartuchos en los vasos de extracción

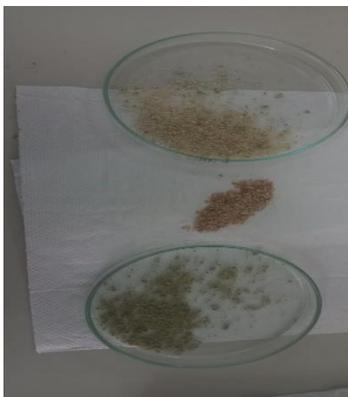


Colocar parámetros y extraer



Pesar el aceite

Anexo 4.4. Determinación de proteínas



Secar, humedad < 8%



Moler las muestras



Pesar (0.1 g)

1997	ZAPALLO CAMOTE MICHELLE	0.1005	13	METODO HARRIBAS GENERAL
1998	ZAPALLO CAMOTE MICHELLE	0.1005	14	METODO HARRIBAS GENERAL
1999	ZAPALLO CAMOTE MICHELLE	0.1005	15	METODO HARRIBAS GENERAL
2000	ZAPALLO MARGA MICHELLE	0.1005	16	METODO HARRIBAS GENERAL
2001	ZAPALLO MARGA MICHELLE	0.1005	17	METODO HARRIBAS GENERAL
2002	ZAPALLO MARGA MICHELLE	0.1005	18	METODO HARRIBAS GENERAL
2003	MELON MICHELLE	0.1005	19	METODO HARRIBAS GENERAL
2004	MELON MICHELLE	0.1005	20	METODO HARRIBAS GENERAL
2005	MELON MICHELLE	0.1005	21	METODO HARRIBAS GENERAL

Agregar información de masa e identificación



Colocar muestras en el carrusel



Medir proteínas

Anexo 4.5. Determinación de fibra



Materia prima molida



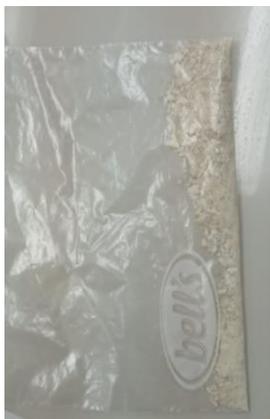
Pesamos dentro de los capachos



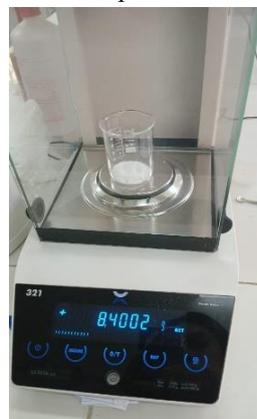
Desgrasamos



Pesamos el aceite extraído



Muestras desgrasadas



Pesar muestras desgrasadas



Agregar 50 ml de buffer pH 6.0 a cada frasco



Agregar 50 ul de enzima a-amilasa a cada frasco



Tapar cada frasco con panel aluminio



Colocar frascos a baño maría T(°C): 80, t(min):



Enfriar con agua destilada los frascos, sin dejar restos en las paredes y medir pH y ajustar con NaOH 0.275N



Agregar 100 ul de proteasa a cada frasco



Colocar frascos a baño maría T(°C): 60, t(min): 30, luego enfriar con agua destilada y medir Ph (4 - 4.6) con HCL 0.325N



Agregar 200 ul de amilugucosidas



Colocar frascos a baño maría T(°C): 60, t(min): 30, junto con alcohol (usado para FDT)



Lavar residuos con agua destilada y acetona, llevar a estufa 12 h a 105°C, determinar cenizas y fibra dietaria

Anexo 5. Extracción de aceite de semilla de zapallo (*cucúrbita Máxima*) en prensa hidráulica



Pesado



Descascarado



Pesas las almendras



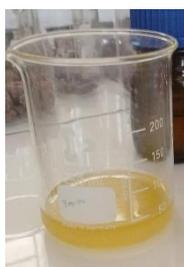
Calentar almendras (3 min, 90°C)



Extracción de aceite



Centrifugado



Aceite



Almacenamiento a 5°C

Anexo 6. Extracción de aceite de semilla de zapallo (*Cucurbita Maxima*) en expeller



Pesas las almendras



Agregar almendras



Extracción de aceite



Aceite



Centrifugado



Almacenamiento a 5°C

Anexo 7. Extracción de aceite de melón (*Cucumis melo*) en prensa hidráulica



Pesado



Calentar semillas
(3 min, 90°C)



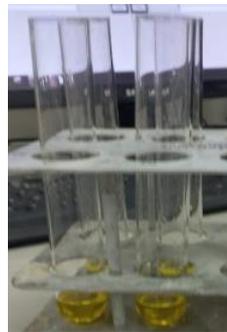
Colocar las semillas en la prensa



Presado



Centrifugado



Aceite
centrifugado



Almacenamiento
a 5°C

Anexo 8. Extracción de aceite de melón (*Cucumis melo*) en expeller



Pesado



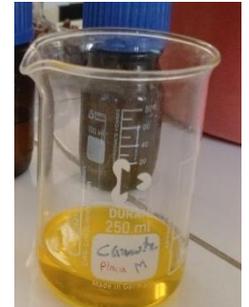
Extracción de aceite



Pesado



Centrifugado



Aceite
centrifugado



Almacenamiento
a 5°C



Torta desgrasada



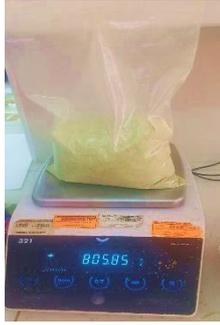
Secado



Agregar la torta



Molienda y tamizado



Almacenamiento

Anexo 9. Determinación de la Estabilidad oxidativa de los aceites de semilla de zapallo (*Cucurbita Maxima*) y melón (*Cucumis melo*)



Lavado y desinfección de las piezas



Armado de piezas



Pesado de aceites (3g)



Muestras de aceite



Armado del equipo y programación de parámetros



Estabilización del equipo e inicio del tiempo de inducción del aceite

Anexo 10. Determinación de densidad en aceites



Pesado del picnómetro vacío



Pesado del picnómetro con agua



Llenar el picnómetro y tapar



Pesar

Anexo 11. Determinación de índice de refracción en aceites



Limpiar el lector



Verter el aceite



Lectura

Anexo 12. Determinación de índice de acidez



Alcohol al 95%



Agregar 2-3 gotas de fenolftaleína



Neutralizar, agregar 2 – 3 gotas de NaOH 0.1 N (rosa pálido)



Alcohol neutralizado



Calentar a 65°C (5min)



Pesado de aceite



Agregar 50 ml de alcohol a las muestras y agitar



Titular con NaOH

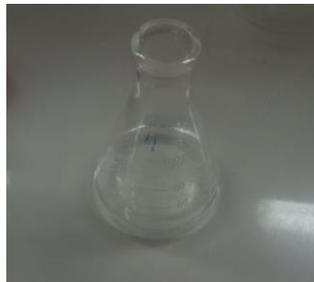


Cambio a rosa pálido y anotar gasto

Anexo 13. Determinación de índice de peróxido



Pesado de aceites (2.5g)



Solución 60% cloroformo, 40% ac acético y agitar



Agregar 15 ml de la solución



Añadir 250 µl de solución KI saturado y agitar



Reposar en la oscuridad (2 min)



Agrega 15 ml de agua destilada y agitar 5 min



Preparar almidón al 1% y agregar 250 μ l a las muestras

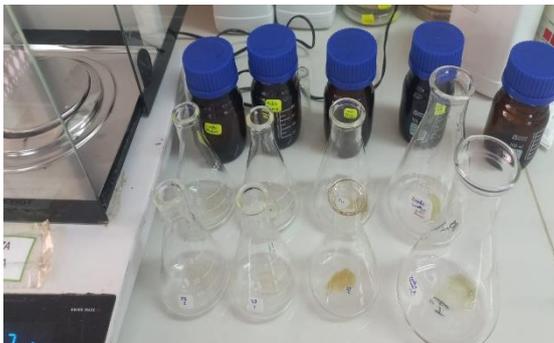


Titular con tiosulfato 0.1 N



Cambio de color (azul a blanco), anotar gasto

Anexo 14. Determinación de índice de yodo



Pesar las muestras



Agregar cloroformo (10 ml)



Agregar Wijs (15 ml) y reposar 45 min a oscuridad



Agregar solución de yoduro de potasio KI al 15% (10 ml)



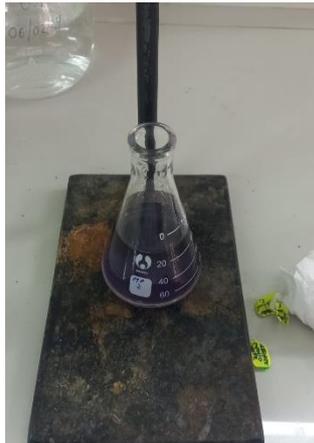
Agregar agua destilada (50 ml)



Titular con tiosulfato (0.1N) hasta obtener color amarillo pajizo



Preparar almidón al 1%,
agregar 1 ml a las muestras



Titular con tiosulfato (de azul a blanco)



Anexo 15. Determinación de anisidina



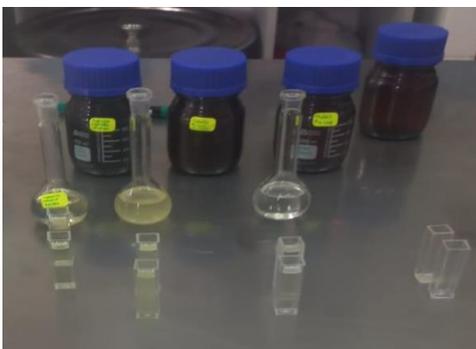
Aceites



Pesar los aceites (0.5 g)



Aforar con isooctano (25 ml)



Agregar la solución a celdas



Lecturar



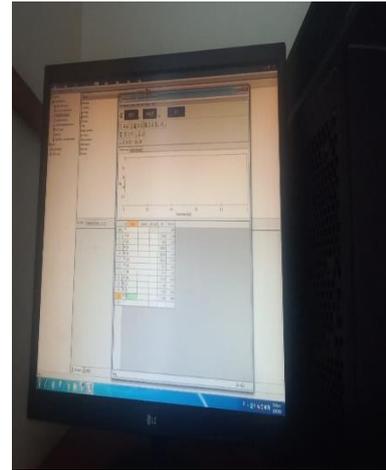
Agregar 6 ml de solución (5 ml de la muestra con isooctano y 1 ml de reactivo anisidina con ácido acético glacial)



Reposar 10 min



Colocar en celdas



Lectura

Anexo 16. Determinación de ácidos grasos



Pesar el aceite (0.025g)



Añadir 1.5 mL de solución NaOH 0.5 N, cubrir con una capa de N₂



Calentar 5 min a 100°C



Añadir 2 mL solución BF₃, cubrir con una capa de N₂



Enfriar a 30 – 40°C, Añadir 1 mL de isooctano, cubrir con una capa de N₂, agitar 30 segundos.



Añadir 5 mL de solución saturada de NaCl, cubrir con una capa de N₂, agitar, enfriar a Temp ambiente.

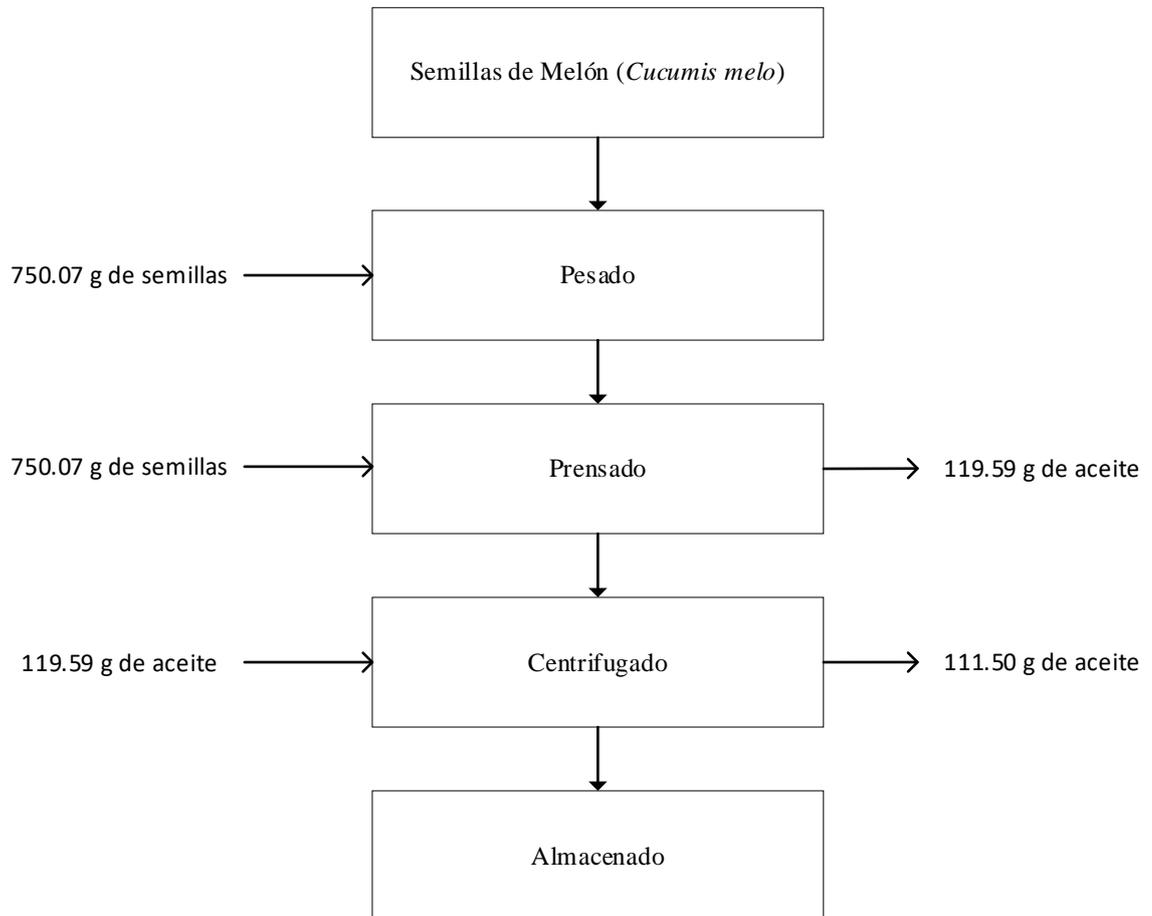


Separación de fases (fase acuosa), transferirla fase orgánica (isooctano) en viales y cubrir con una capa de N₂



Lectura en el cromatógrafo de gases

Anexo 17. Balance de masa del aceite de semillas de melón por el método Prensado en Frío usando un Expeller



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

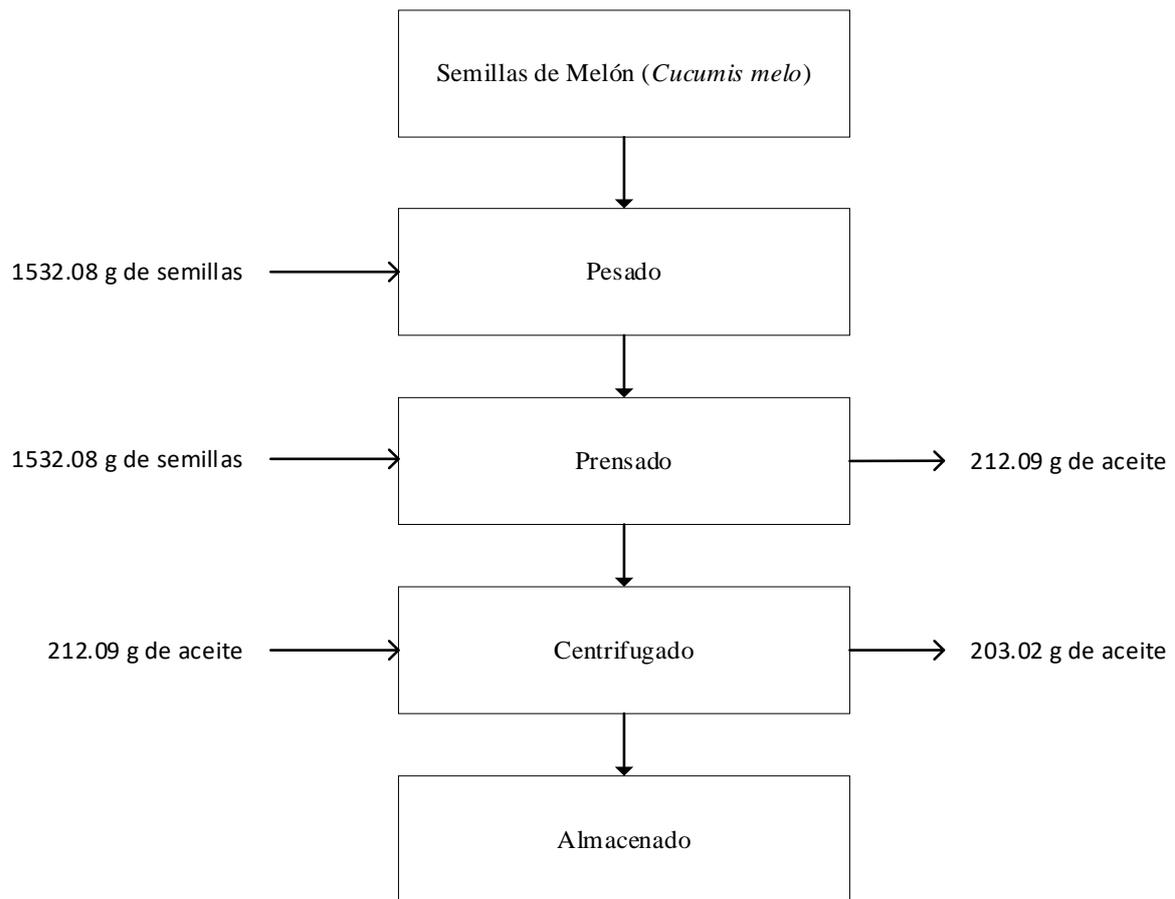
$m_{aceite} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

$m_{semilla} = \text{Cantidad de semilla alimentada}(g)$

$$\%R = \frac{m_{aceite}}{m_{semilla}} \times 100$$

$$\%R = \frac{111.50 \text{ g}}{750.07 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 14.8653\%$$



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

$m_{aceite} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

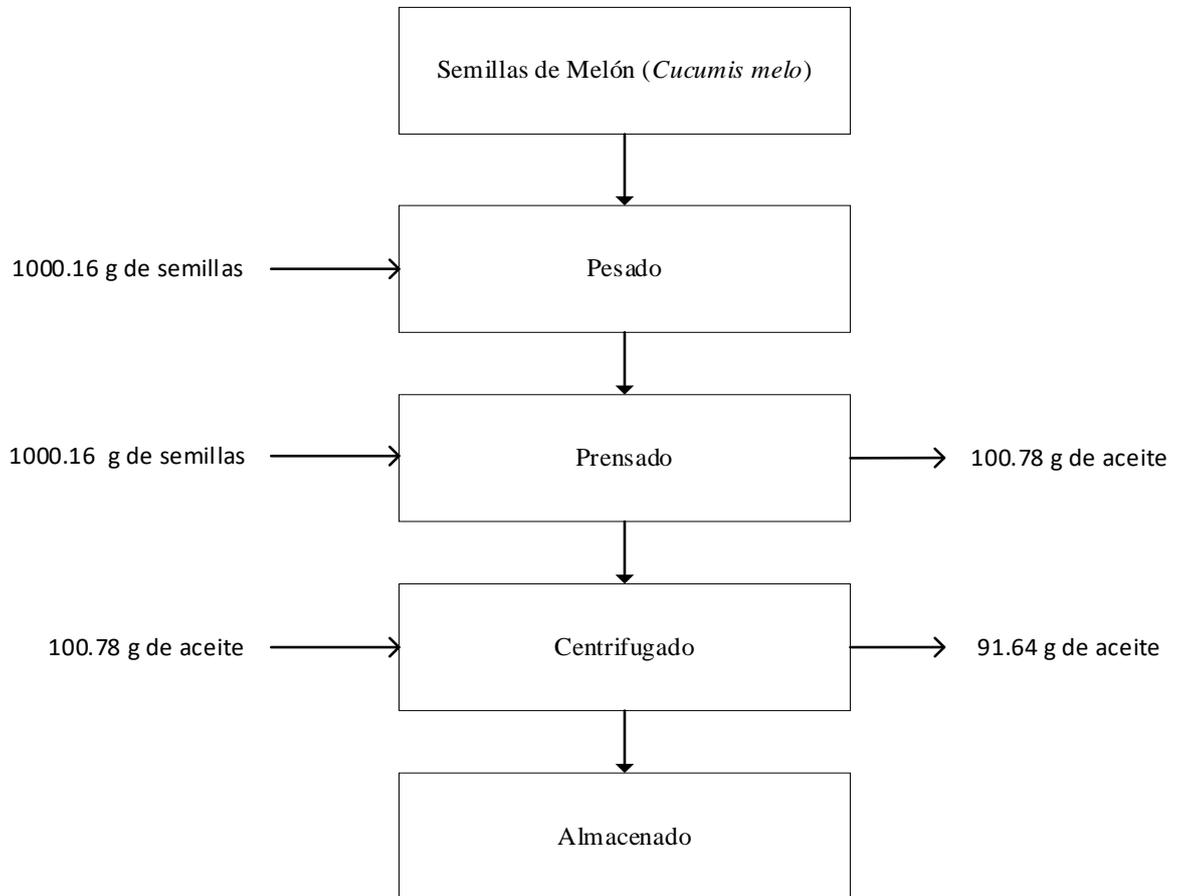
$m_{semilla} = \text{Cantidad de semilla alimentada}(g)$

$$\%R = \frac{m_{aceite}}{m_{semilla}} \times 100$$

$$\%R = \frac{203.02 \text{ g}}{1532.08 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 13.2513\%$$

Anexo 18. Balance de masa del aceite de semillas de melón por el método Prensado en Frío usando una prensa hidráulica



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

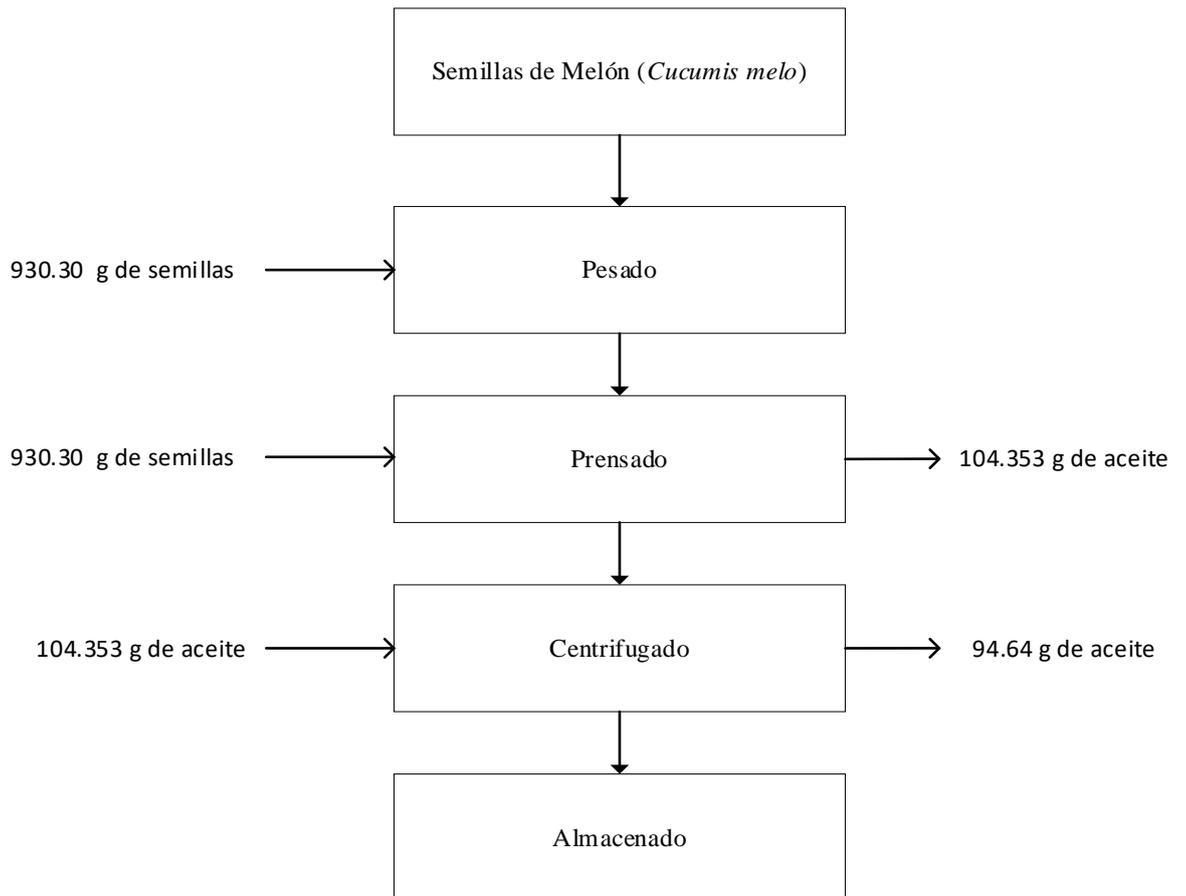
$m_{\text{aceite}} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

$m_{\text{semilla}} = \text{Cantidad de semilla alimentada}(g)$

$$\%R = \frac{m_{\text{aceite}}}{m_{\text{semilla}}} \times 100$$

$$\%R = \frac{91.64 \text{ g}}{1000.16 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 9.1625\%$$



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

$m_{aceite} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

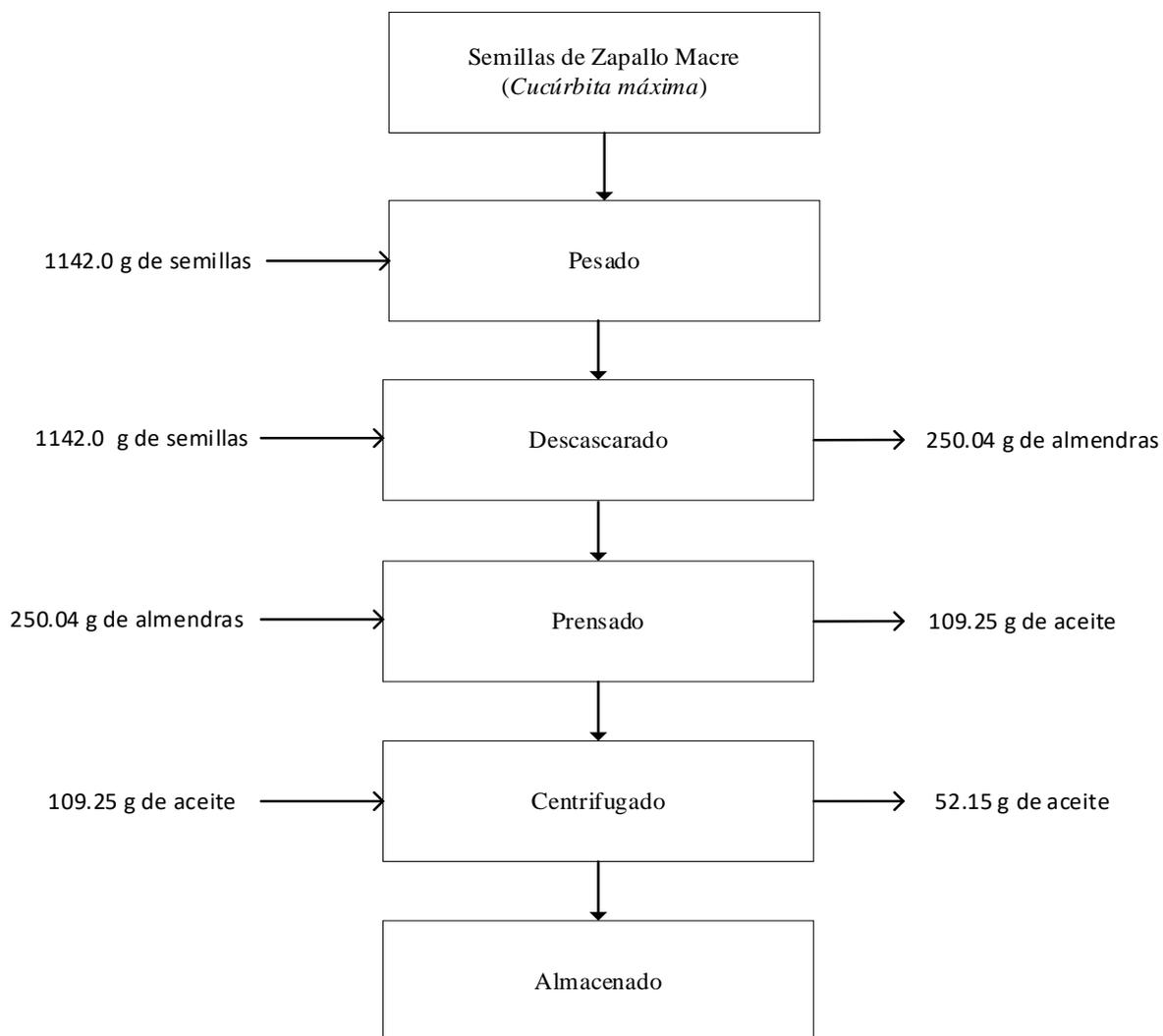
$m_{semilla} = \text{Cantidad de semilla alimentada}(g)$

$$\%R = \frac{m_{aceite}}{m_{semilla}} \times 100$$

$$\%R = \frac{94.64 \text{ g}}{930.30 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 10.1731 \%$$

Anexo 19. Balance de masa del aceite de semillas de zapallo macre por el método Prensado en frío usando un Expeller



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

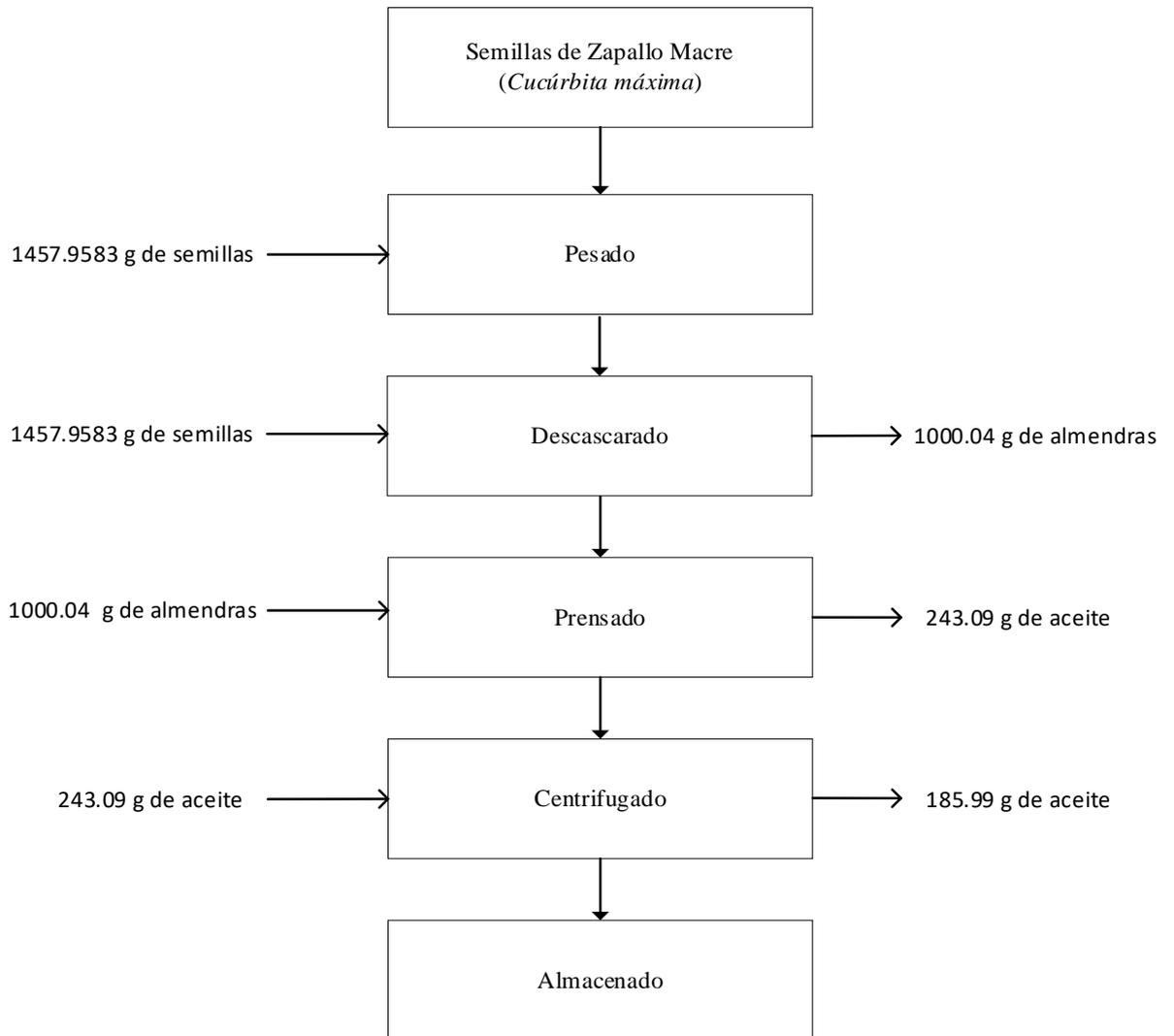
$m_{aceite} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

$m_{semilla} = \text{Cantidad de semilla alimentada } (g)$

$$\%R = \frac{m_{aceite}}{m_{semilla}} \times 100$$

$$\%R = \frac{52.15 \text{ g}}{250.04 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 20.8567\%$$



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

$m_{\text{aceite}} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

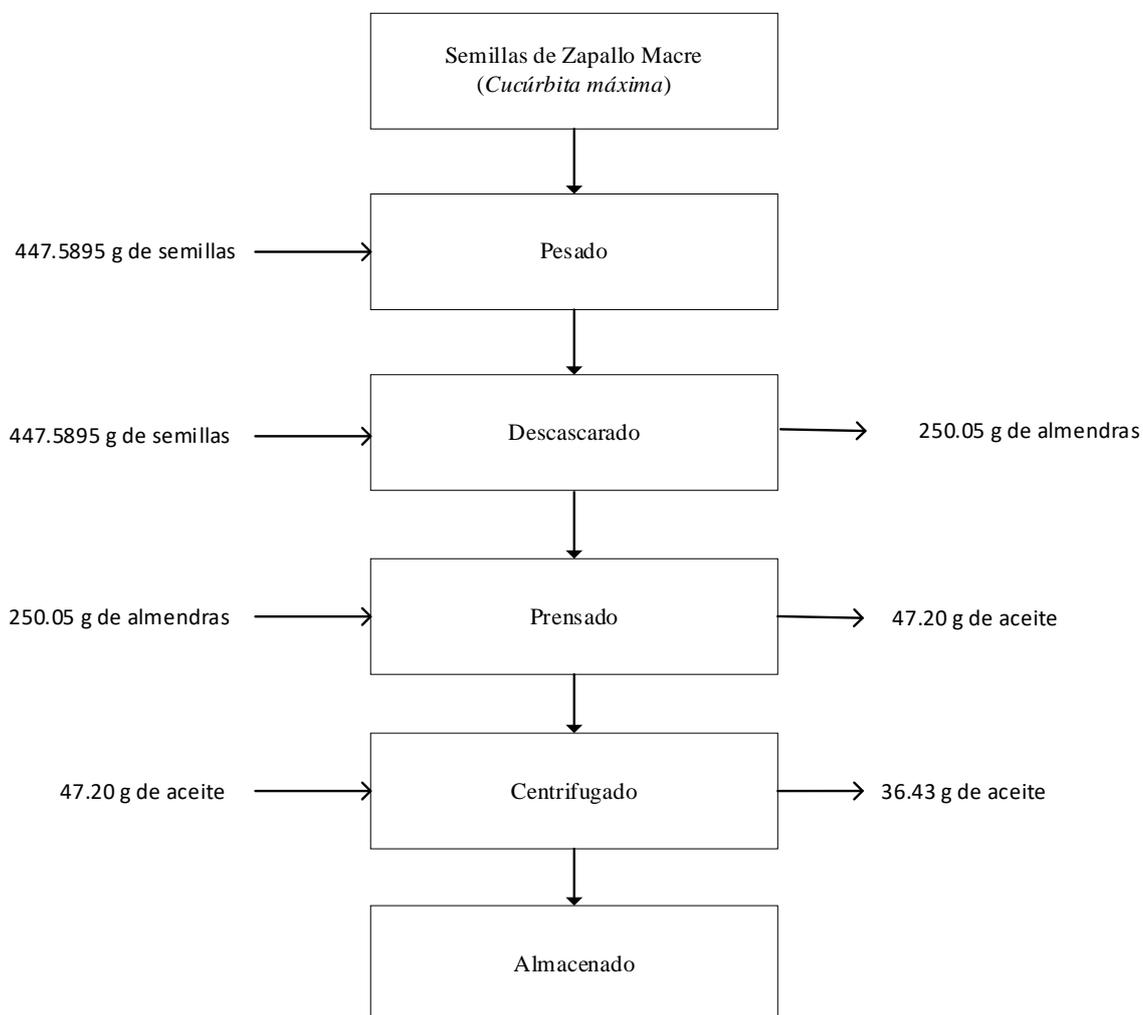
$m_{\text{semilla}} = \text{Cantidad de semilla alimentada}(g)$

$$\%R = \frac{m_{\text{aceite}}}{m_{\text{semilla}}} \times 100$$

$$\%R = \frac{185.9925 \text{ g}}{1000.04 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 18.5985 \%$$

Anexo 20. Balance de masa del aceite de semillas de zapallo macre por el método Prensado en frío usando una prensa hidráulica



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

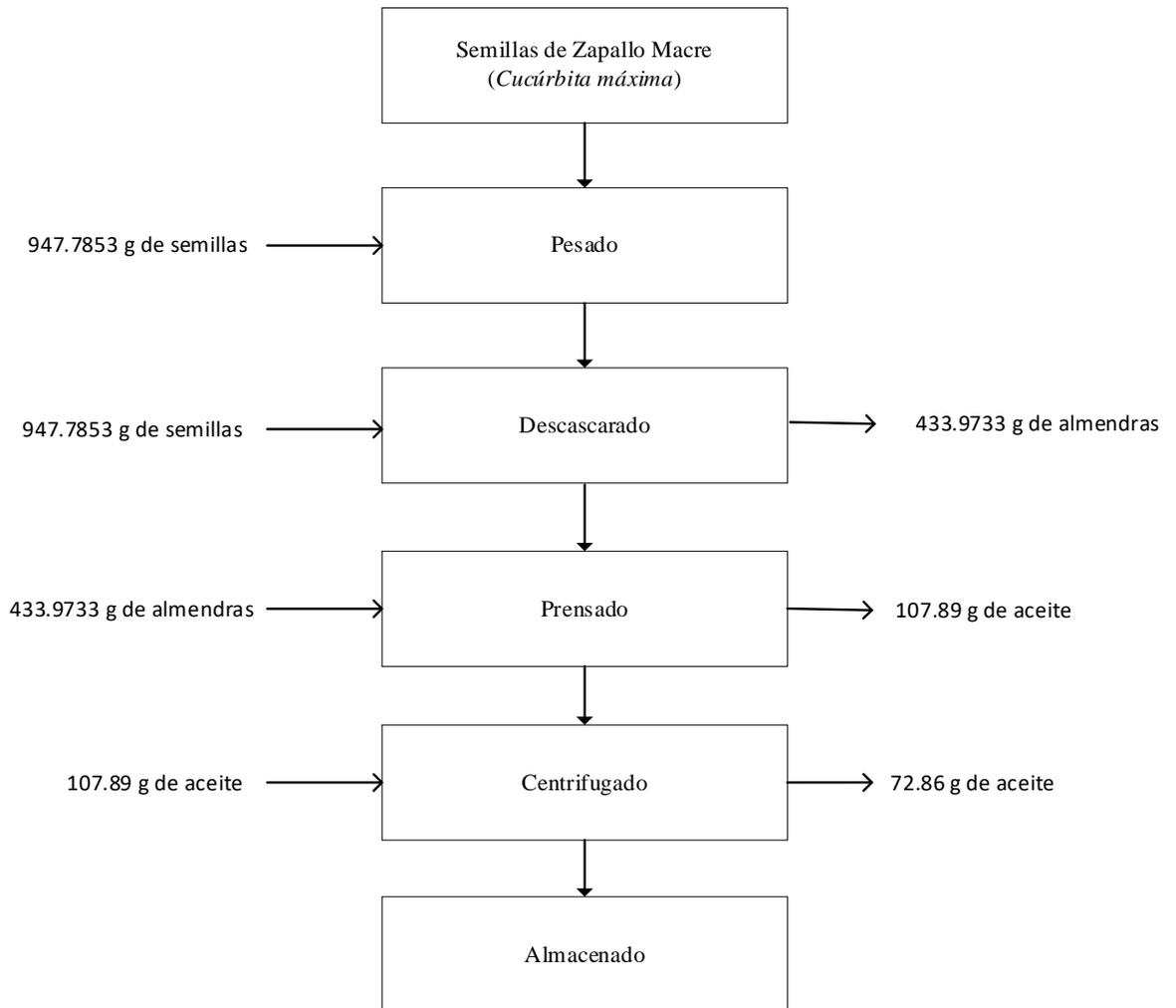
$m_{aceite} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

$m_{semilla} = \text{Cantidad de semilla alimentada } (g)$

$$\%R = \frac{m_{aceite}}{m_{semilla}} \times 100$$

$$\%R = \frac{36.43 \text{ g}}{250.05 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 14.5691 \%$$



Cálculo de rendimiento:

$\%R = \text{Rendimiento}$

$m_{\text{aceite}} = \text{Cantidad de aceite obtenido}(g)$

$m_{\text{semilla}} = \text{Cantidad de semilla alimentada } (g)$

$$\%R = \frac{m_{\text{aceite}}}{m_{\text{semilla}}} \times 100$$

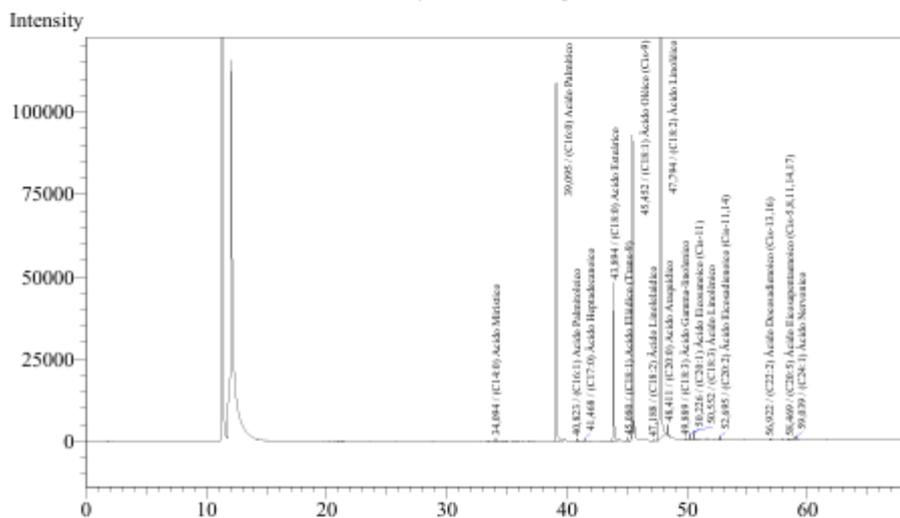
$$\%R = \frac{72.86 \text{ g}}{433.9733 \text{ g}} \times 100$$

$$\%R = 16.7891 \%$$

Anexo 21. Perfil de ácidos grasos de los aceites de semillas de zapallo (*Cucúrbita Máxima*) en expeller

Analysis Date & Time : 29/08/2025 14:04:01
 User Name : Zapallo Macre2
 Vial# : 3
 Sample Name : Zapallo Macre2
 Sample ID : Zapallo Macre2
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

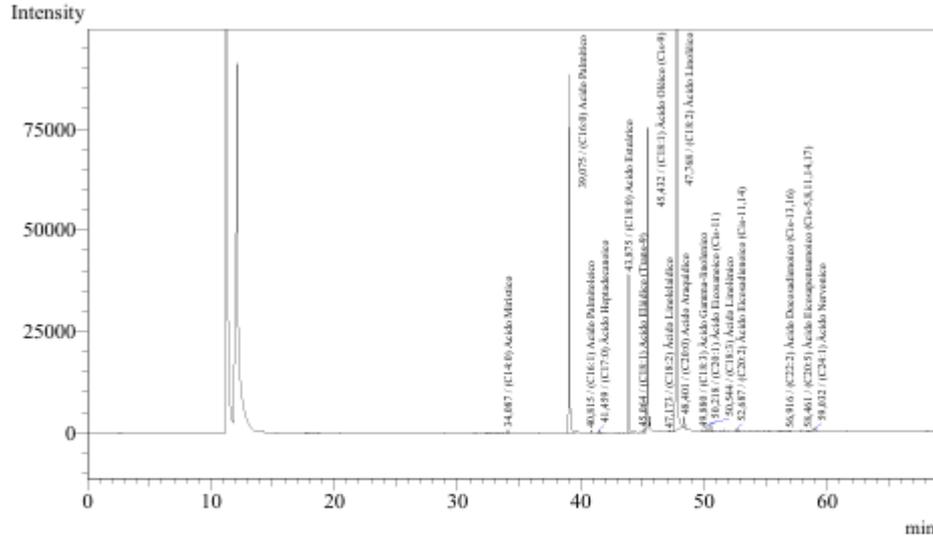
Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\28-08-25 antonela\Melon Prensa2.
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STANDA



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Marl ID#	Cmpd Name
1	34,094	4107	1046	0,126 %		8	(C14:0) Acido Mirístico
2	39,095	601428	108923	18,503 %	S	12	(C16:0) Acido Palmítico
3	40,823	2848	687	0,088 %		13	(C16:1) Acido Palmítico
4	41,468	3124	746	0,096 %		14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
5	43,894	248775	48135	7,654 %		16	(C18:0) Acido Estéarico
6	45,080	4863	897	0,150 %		17	(C18:1) Acido Eláidico (Trans-9)
7	45,452	411291	88715	12,654 %		18	(C18:1) Acido Oléico (Cis-9)
8	47,188	1745	355	0,054 %		19	(C18:2) Acido Linoleídico
9	47,794	1925392	289362	59,236 %		20	(C18:2) Acido Linolénico
10	48,411	13518	3462	0,416 %		21	(C20:0) Acido Araquídico
11	49,889	1946	491	0,060 %		22	(C18:3) Acido Gamma-linolenico
12	50,226	7342	1783	0,226 %		23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
13	50,552	11198	2596	0,345 %		24	(C18:3) Acido Linolénico
14	52,695	4471	1077	0,138 %	S	26	(C20:2) Acido Eicosadienoico (Cis-11,14)
15	56,922	2111	448	0,065 %	V	33	(C22:2) Acido Docosadienoico (Cis-13,16)
16	58,469	2676	421	0,082 %	V	35	(C20:5) Acido Eicosapentanoico (Cis-5,8,11,14,17)
17	59,039	3561	845	0,110 %	S	36	(C24:1) Acido Nervónico
Total		3250396	549989				

Analysis Date & Time : 28/08/2025 20:17:08
 User Name : Admin
 Vial# : 4
 Sample Name : Zapallo Macre Expeler1
 Sample ID : Zapallo Macre Expeler1
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\28-08-25 antonela\Zapallo Macre 1
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STANDA

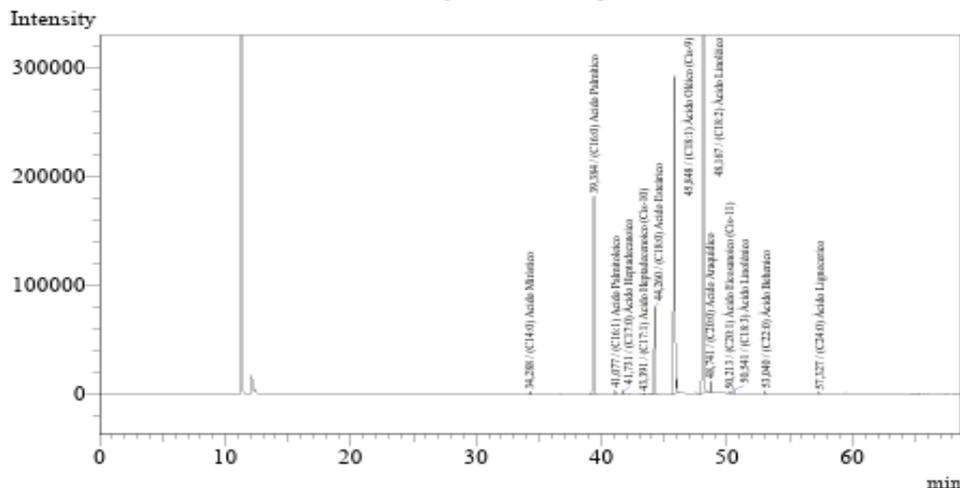


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unifarl ID#	Cmpd Name
1	34,087	3211	807	0,126 %	8	(C14:0) Acido Mirístico
2	39,075	453855	88174	17,830 %	S 12	(C16:0) Acido Palmítico
3	40,815	2154	526	0,085 %	13	(C16:1) Acido Palmitoléico
4	41,459	2343	574	0,092 %	14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
5	43,875	187434	39096	7,363 %	16	(C18:0) Acido Estearico
6	45,064	2568	606	0,101 %	17	(C18:1) Acido Eláidico (Trans-9)
7	45,432	331487	73413	13,022 %	18	(C18:1) Acido Oléico (Cis-9)
8	47,173	1561	311	0,061 %	S 19	(C18:2) Acido Linoleáidico
9	47,768	1525085	244590	59,913 %	20	(C18:2) Acido Linoléico
10	48,401	10046	2607	0,395 %	21	(C20:0) Acido Araquídico
11	49,880	1424	363	0,056 %	22	(C18:3) Acido Gamma-linolenico
12	50,218	5620	1383	0,221 %	23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
13	50,544	8685	2026	0,341 %	24	(C18:3) Acido Linolénico
14	52,687	3457	794	0,136 %	26	(C20:2) Acido Eicosadienoico (Cis-11,14)
15	56,916	1507	304	0,059 %	V 33	(C22:2) Acido Docosadienoico (Cis-13,16)
16	58,461	2016	318	0,079 %	V 35	(C20:5) Acido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17)
17	59,032	3067	666	0,121 %	36	(C24:1) Acido Nervónico
Total		2545520	456558			

Anexo 22. Perfil de ácidos grasos de los aceites de semillas de zapallo (*Cucurbita Maxima*) en prensa hidráulica

Analysis Date & Time : 08/01/2024 12:01:53
 User Name : Admin
 Vial# : 2
 Sample Name : Aceite de Semilla de Zapallo
 Sample ID : Aceite de Semilla de Zapallo
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

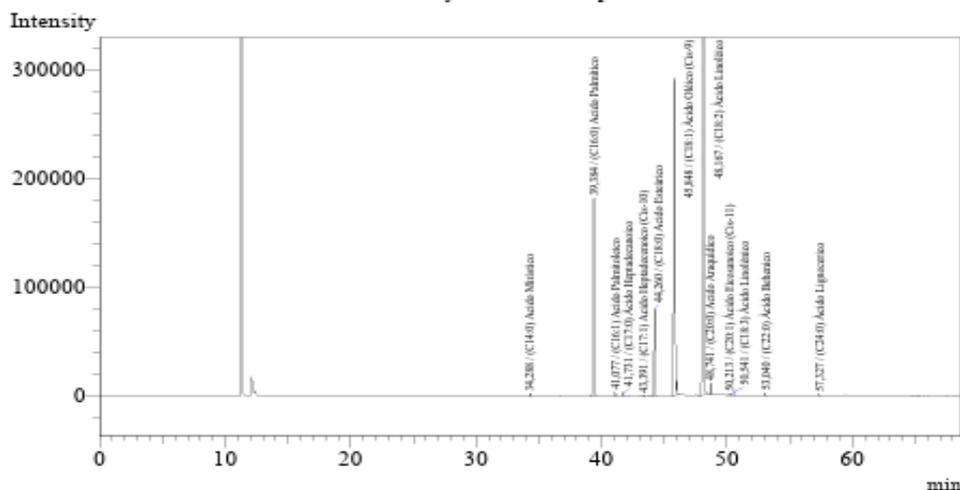
Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\resultados otros\Aceite de Semilla
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STAND



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	34.288	8564	2431	0.107	%		8	(C14:0) Acido Miristico
2	39.384	1119771	181379	13.998	%		12	(C16:0) Acido Palmico
3	41.077	13923	3771	0.174	%		13	(C16:1) Acido Palmitoleico
4	41.731	10492	2678	0.131	%		14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
5	43.391	3111	833	0.039	%		15	(C17:1) Acido Heptadecenoico (Cis-10)
6	44.260	572750	79190	7.160	%		16	(C18:0) Acido Esteárico
7	45.848	2130314	291610	26.631	%		18	(C18:1) Acido Oleico (Cis-9)
8	48.167	4071708	506011	50.901	%		20	(C18:2) Acido Linoleico
9	48.741	35909	9954	0.449	%		21	(C20:0) Acido Araquidico
10	50.213	6049	1689	0.076	%		23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
11	50.541	12230	3249	0.153	%		24	(C18:3) Acido Linolenico
12	53.040	9174	2559	0.115	%		27	(C22:0) Acido Behenico
13	57.327	5269	1353	0.066	%		34	(C24:0) Acido Lignocérico
Total		7999264	1086707					

Analysis Date & Time : 08/01/2024 12:01:53
 User Name : Admin
 Vial# : 2
 Sample Name : Aceite de Semilla de Zapallo
 Sample ID : Aceite de Semilla de Zapallo
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\resultados otros\Aceite de Semilla
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STANDA

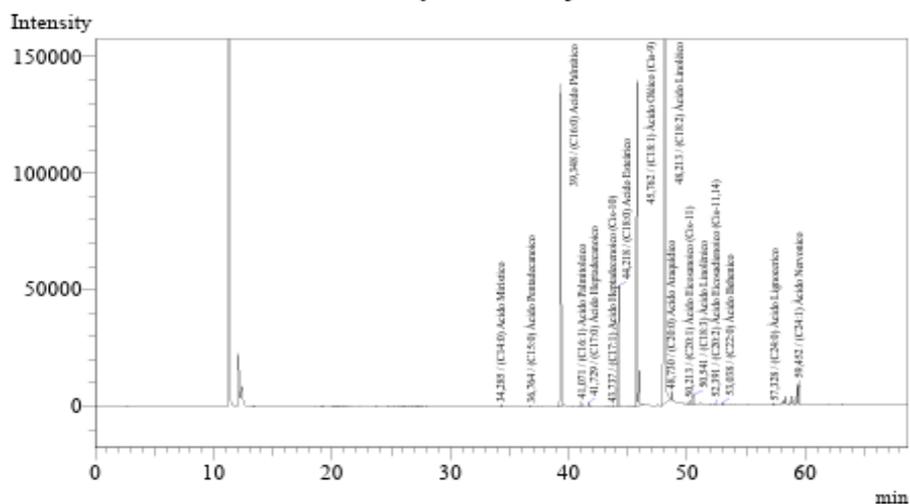


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	34.288	8564	2431	0.107	%		8	(C14:0) Acido Miristico
2	39.384	1119771	181379	13.998	%		12	(C16:0) Acido Palmico
3	41.077	13923	3771	0.174	%		13	(C16:1) Acido Palmitoleico
4	41.731	10492	2678	0.131	%		14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
5	43.391	3111	833	0.039	%		15	(C17:1) Acido Heptadecanoico (Cis-10)
6	44.260	572750	79190	7.160	%		16	(C18:0) Acido Esteárico
7	45.848	2130314	291610	26.631	%		18	(C18:1) Acido Oleico (Cis-9)
8	48.167	4071708	506011	50.901	%		20	(C18:2) Acido Linoleico
9	48.741	35909	9954	0.449	%		21	(C20:0) Acido Araquidico
10	50.213	6049	1689	0.076	%		23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
11	50.541	12230	3249	0.153	%		24	(C18:3) Acido Linolenico
12	53.040	9174	2559	0.115	%		27	(C22:0) Acido Behenico
13	57.327	5269	1353	0.066	%		34	(C24:0) Acido Lignocerico
Total		7999264	1086707					

Anexo 23. Perfil de ácidos grasos del aceite de semillas melón (*Cucumis melo*) en expeller

Analysis Date & Time : 08/01/2024 13:16:10
 User Name : Admin
 Vial# : 3
 Sample Name : Aceite de Semilla de Melon
 Sample ID : Aceite de Semilla de Melon
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

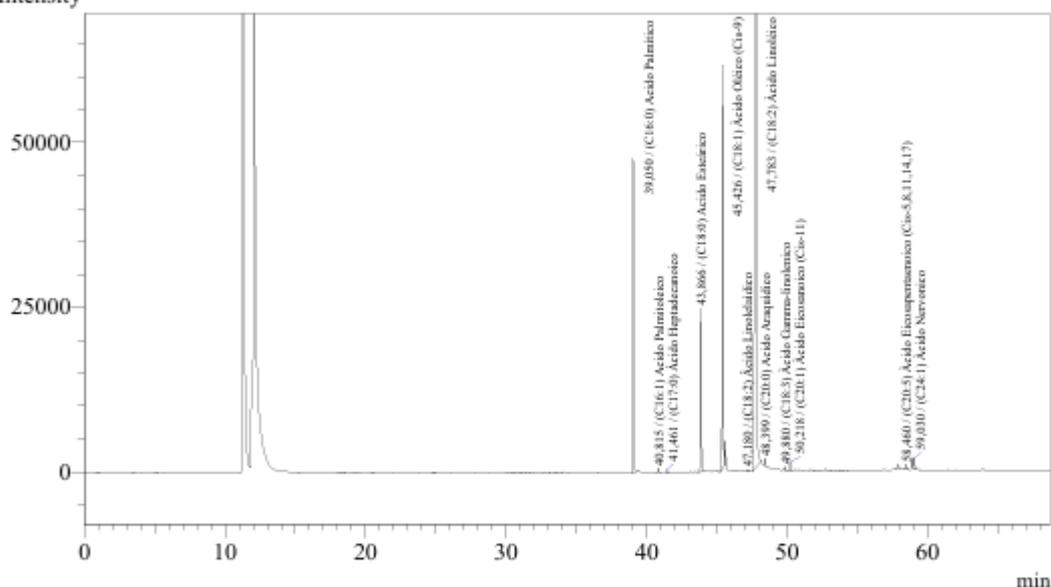
Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\resultados otros\Aceite de Semilla
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STAND



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	34,285	2599	740	0,032	%		8	(C14:0) Acido Mirístico
2	36,764	1441	421	0,018	%		10	(C15:0) Acido Pentadecanoico
3	39,348	740136	138045	9,150	%		12	(C16:0) Acido Palmítico
4	41,071	7649	2061	0,095	%		13	(C16:1) Acido Palmitoleico
5	41,729	5503	1389	0,068	%		14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
6	43,737	1419	391	0,018	%		15	(C17:1) Acido Heptadecanoico (Cis-10)
7	44,218	321279	51302	3,972	%		16	(C18:0) Acido Estearico
8	45,762	799641	139132	9,885	%		18	(C18:1) Acido Oleico (Cis-9)
9	48,213	6125046	647191	75,718	%		20	(C18:2) Acido Linoleico
10	48,730	12245	3453	0,151	%		21	(C20:0) Acido Araquidico
11	50,213	6452	1793	0,080	%		23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
12	50,541	15404	4116	0,190	%		24	(C18:3) Acido Linolenico
13	52,391	1129	307	0,014	%		26	(C20:2) Acido Eicosadienoico (Cis-11,14)
14	53,038	3579	996	0,044	%		27	(C22:0) Acido Behenico
15	57,328	2770	719	0,034	%		34	(C24:0) Acido Lignoceroico
16	59,452	43019	9863	0,532	%		36	(C24:1) Acido Nervonico
Total		8080311	1001010					

Analysis Date & Time : 28/08/2025 17:48:27
 User Name : Admin
 Vial# : 2
 Sample Name : Melon Expeler1
 Melon Prensado1
 Sample ID : Melon Expeler1
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

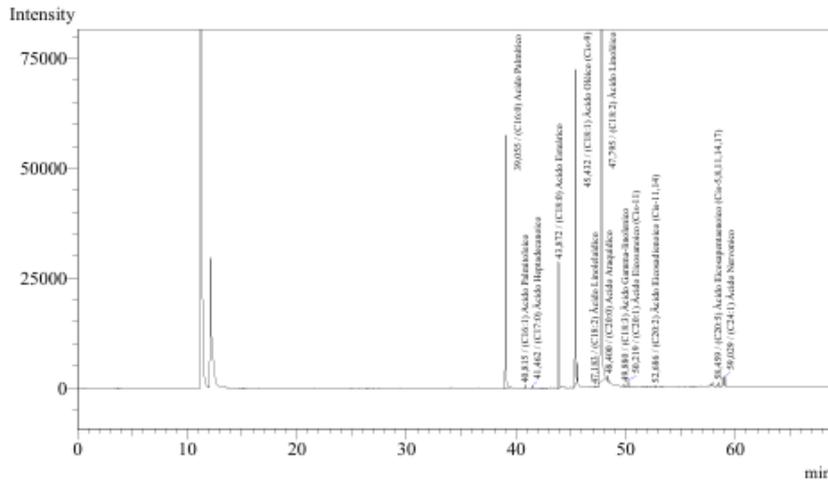
Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\28-08-25 antonela\Melon Expele
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STAND
 Intensity



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	MarID#	Compd Name
1	39,050	214484	47633	8,992	%	12	(C16:0) Acido Palmítico
2	40,815	2301	524	0,096	%	13	(C16:1) Acido Palmíticoico
3	41,461	1597	376	0,067	%	14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
4	43,866	112839	24793	4,731	%	16	(C18:0) Acido Estearico
5	45,426	273335	60817	11,459	%	18	(C18:1) Acido Oléico (Cis-9)
6	47,180	1327	258	0,056	%	19	(C18:2) Acido Linoleídico
7	47,783	1757244	272739	73,671	%	20	(C18:2) Acido Linoléico
8	48,399	3879	1007	0,163	%	21	(C20:0) Acido Araquídico
9	49,880	1859	468	0,078	%	22	(C18:3) Acido Gamma-linolenico
10	50,218	5073	1240	0,213	%	23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
11	58,460	3855	664	0,162	%	35	(C20:5) Acido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17)
12	59,030	7455	1592	0,313	%	36	(C24:1) Acido Nervónico
Total		2385248	412111				

Analysis Date & Time : 28/08/2025 19:02:47
 User Name : Admin
 Vial# : 3
 Sample Name : Melon Expeler2
 Sample ID : Melon Expeler2
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\28-08-25 antonela\Melon Expeler2
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STAND

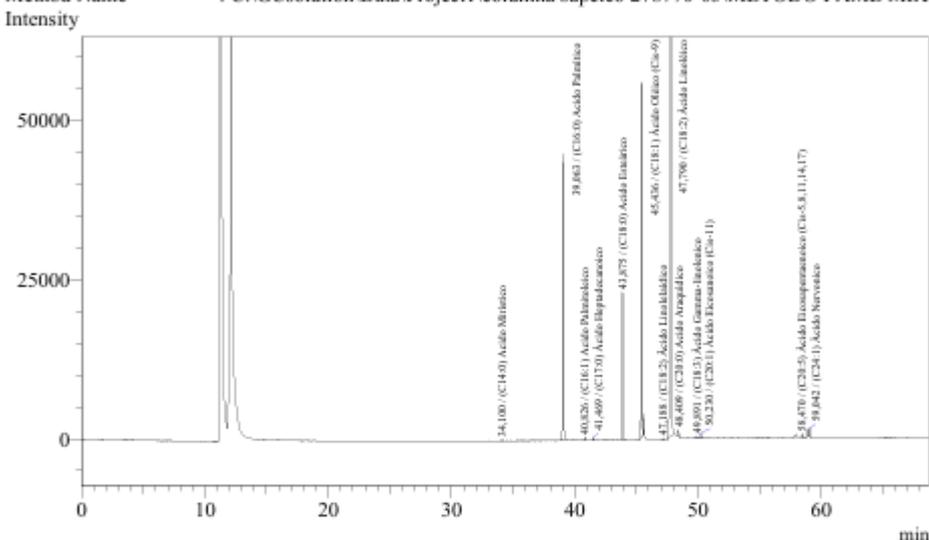


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Id#	Cmpd Name
1	39,055	267323	57467	9,357 %		12	(C16:0) Acido Palmítico
2	40,815	2467	609	0,086 %		13	(C16:1) Acido Palmítico
3	41,462	1942	469	0,068 %		14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
4	43,872	136579	28777	4,781 %		16	(C18:0) Acido Estearico
5	45,432	328249	71515	11,490 %		18	(C18:1) Acido Oleico (Cis-9)
6	47,183	1654	294	0,058 %		19	(C18:2) Acido Linoleico
7	47,795	2090272	305795	73,164 %		20	(C18:2) Acido Linoleico
8	48,400	4504	1203	0,158 %		21	(C20:0) Acido Araquidico
9	49,880	2228	551	0,078 %		22	(C18:3) Acido Gamma-linolenico
10	50,219	6157	1482	0,216 %		23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
11	52,686	1039	257	0,036 %		26	(C20:2) Acido Eicosadienoico (Cis-11,14)
12	58,459	4903	833	0,172 %		35	(C20:5) Acido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17)
13	59,029	9633	2039	0,337 %		36	(C24:1) Acido Nervonico
Total		2856950	471291				

Anexo 24. Perfil de ácidos grasos del aceite de semillas melón (*Cucumis melo*) en prensa hidráulica

Analysis Date & Time : 28/08/2025 13:06:12
 User Name : Admin
 Vial# : 2
 Sample Name : Melon Prensado1
 Melon Prensado1
 Sample ID : Melon Prensado1
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

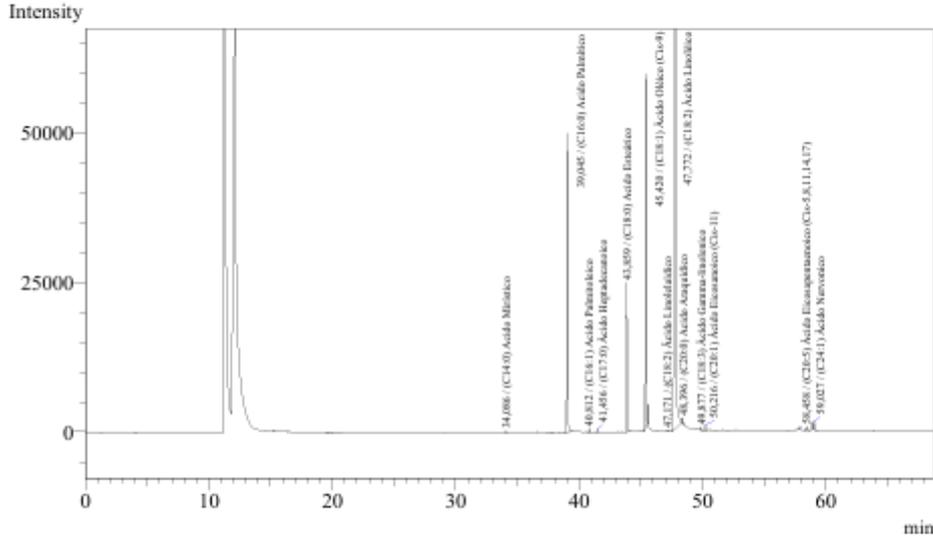
Data Name : C:\GCSolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\28-08-25 antonela\Melon Prensa
 Method Name : C:\GCSolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STAND



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	VarID#	Cmpd Name
1	34,100	928	235	0,042	%	8	(C14:0) Acido Mirístico
2	39,063	202556	44911	9,259	%	12	(C16:0) Acido Palmítico
3	40,826	1950	478	0,089	%	13	(C16:1) Acido Palmoleico
4	41,469	1460	346	0,067	%	14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
5	43,875	104433	23166	4,774	%	16	(C18:0) Acido Estearico
6	45,436	247986	55393	11,335	%	18	(C18:1) Acido Oleico (Cis-9)
7	47,188	1378	239	0,063	%	V 19	(C18:2) Acido Linoleico
8	47,790	1607781	257394	73,490	%	20	(C18:2) Acido Linoleico
9	48,409	4124	1036	0,188	%	21	(C20:0) Acido Araquidico
10	49,891	1915	446	0,088	%	V 22	(C18:3) Acido Gamma-linolenico
11	50,230	3360	820	0,154	%	23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
12	58,470	4029	610	0,184	%	V 35	(C20:5) Acido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17)
13	59,042	5854	1260	0,268	%	36	(C24:1) Acido Nervónico
Total		2187754	386334				

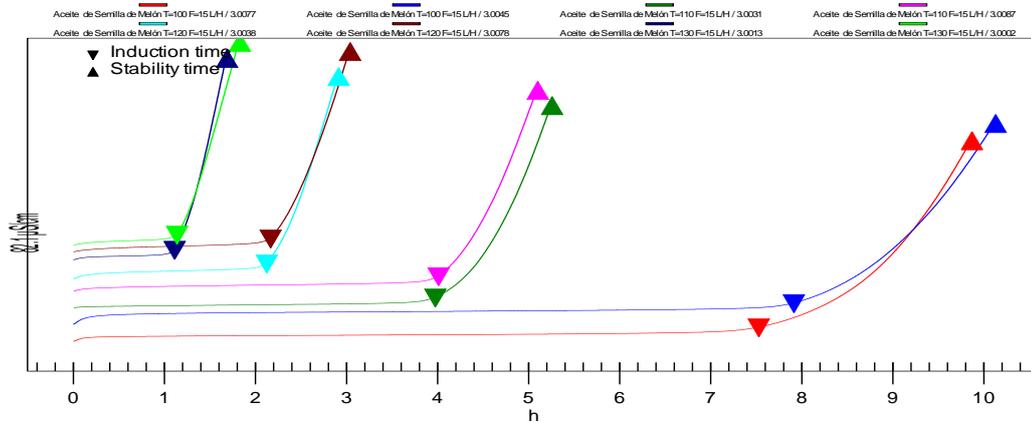
Analysis Date & Time : 28/08/2025 22:45:50
 User Name : Melon prensa2
 Vial# : 5
 Sample Name : Melon prensa2
 Sample ID : Melon prensa2
 Sample Type : Unknown
 Injection Volume : 0,80
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\28-08-25 antonela\Zapallo Macre 1
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\columna supelco 278770-03\METODO FAME MIX STANDA

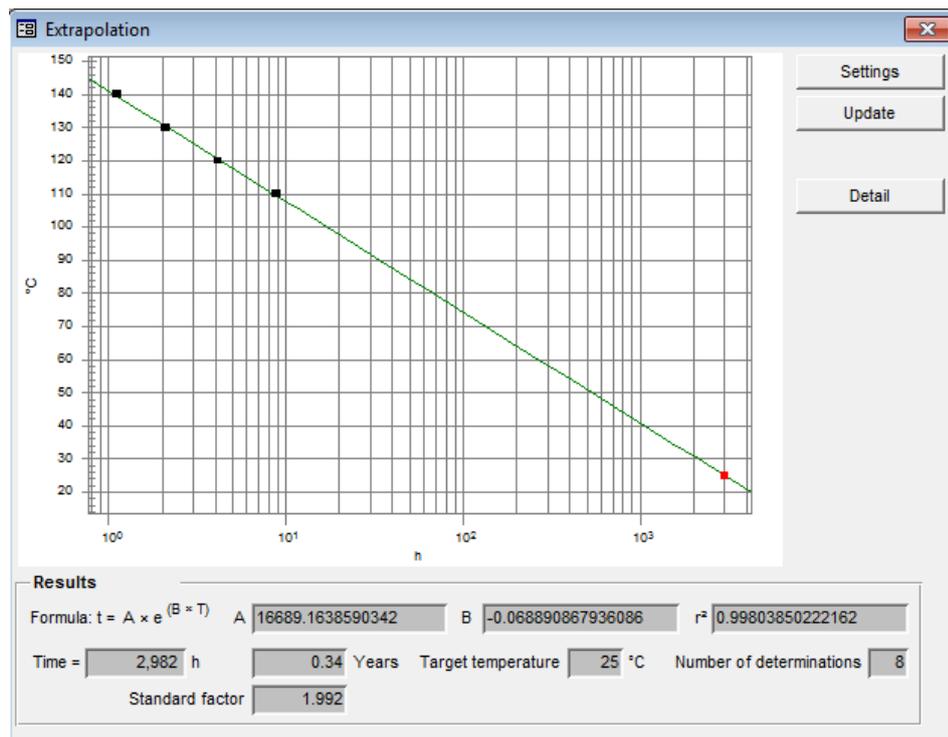


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	UniVarID#	Cmpd Name
1	34,086	1100	274	0,048 %	8	(C14:0) Acido Miristico
2	39,045	228164	49828	9,924 %	12	(C16:0) Acido Palmitico
3	40,812	2163	521	0,094 %	13	(C16:1) Acido Palmitoleico
4	41,456	1529	373	0,067 %	14	(C17:0) Acido Heptadecanoico
5	43,859	112210	24892	4,880 %	16	(C18:0) Acido Esteárico
6	45,420	258724	58148	11,253 %	18	(C18:1) Acido Oléico (Cis-9)
7	47,171	1292	252	0,056 %	19	(C18:2) Acido Linoleáidico
8	47,772	1674733	258834	72,841 %	20	(C18:2) Acido Linoléico
9	48,396	3751	985	0,163 %	21	(C20:0) Acido Araquídico
10	49,877	1759	434	0,077 %	22	(C18:3) Acido Gamma-linolenico
11	50,216	3503	842	0,152 %	23	(C20:1) Acido Eicosanoico (Cis-11)
12	58,458	4144	637	0,180 %	V 35	(C20:5) Acido Eicosapentaenoico (Cis-5,8,11,14,17)
13	59,027	6097	1298	0,265 %	36	(C24:1) Acido Nervónico
Total		2299169	397318			

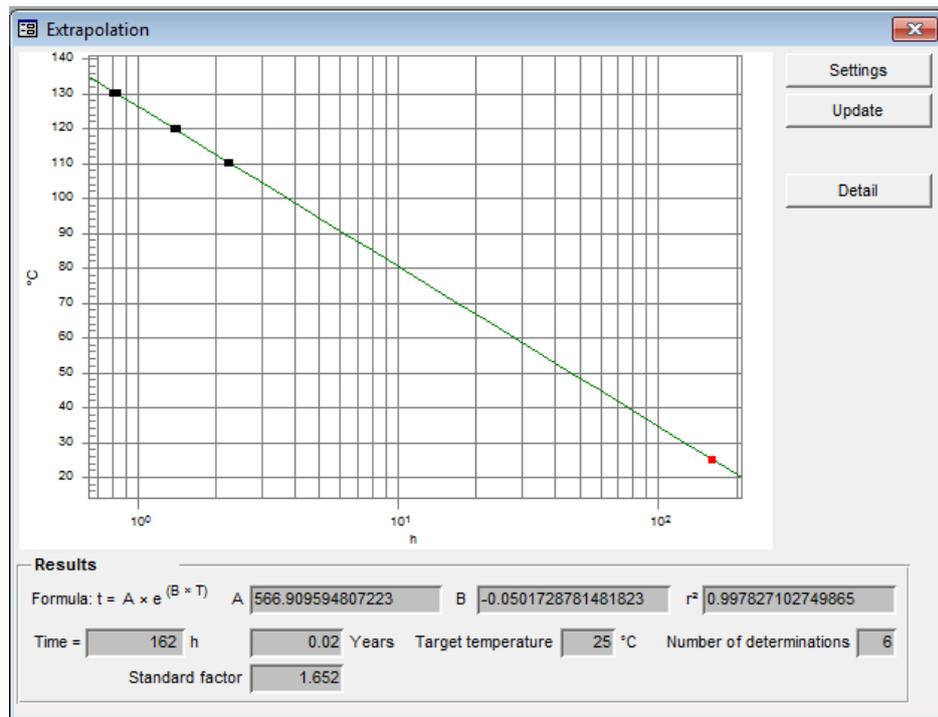
Anexo 28. Gráficas de conductividad eléctrica vs tiempo para aceite de semilla de melón (*cucumis melo*) en expeller



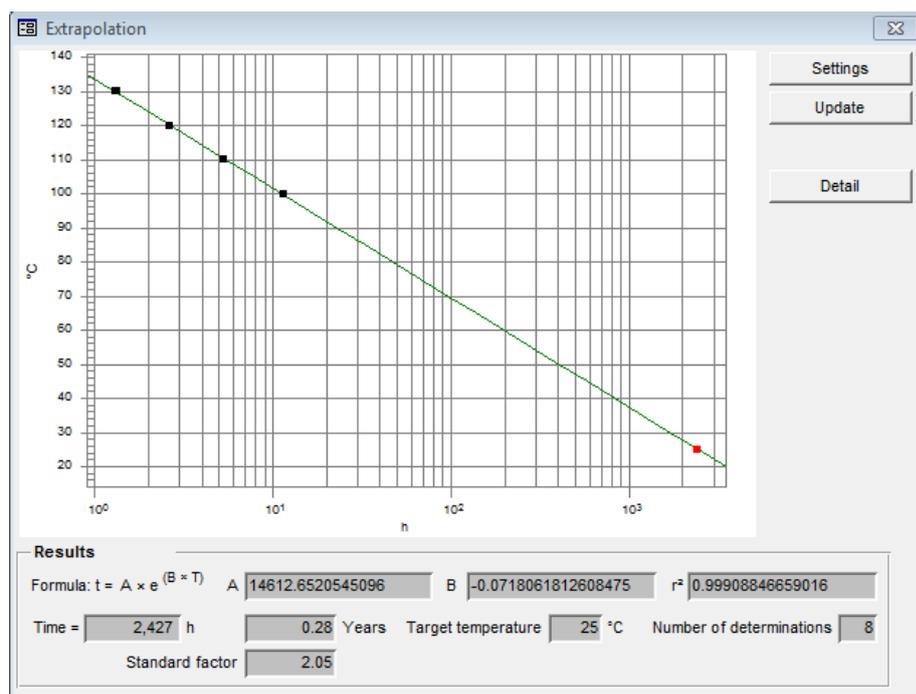
Anexo 29. Graficas de Extrapolación para aceite de semilla de zapallo (*Cucúrbita Máxima*) con prensa hidráulica



Anexo 30. Graficas de Extrapolación para aceite de semilla de zapallo (*Cucúrbita Máxima*) con expeller



Anexo 31. Graficas de Extrapolación para aceite de semilla de melón (*Cucumis melo*) prensa hidráulica



Anexo 32. Graficas de Extrapolación para aceite de semilla de melón (*Cucumis melo*) expeller

