



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

**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y
EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) A ESCALA LABORATORIO Y
PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE
EMBUTIDOS**

María Angela Polanco Alfaro

Asesorado por el Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
e Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, junio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y
EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) A ESCALA LABORATORIO Y
PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE
EMBUTIDOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA ANGELA POLANCO ALFARO
ASESORADO POR EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ
E INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, JUNIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lémus
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y
EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) A ESCALA LABORATORIO Y
PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE
EMBUTIDOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 2 de febrero de 2021.



María Angela Polanco Alfaro



Guatemala, 18 de enero de 2023

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

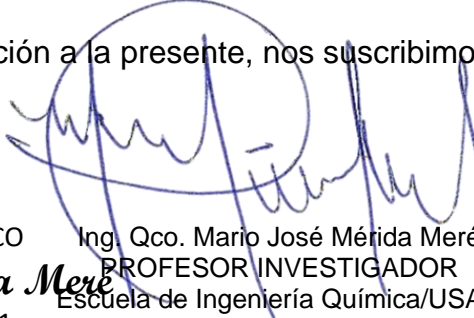
Estimado Ingeniero Álvarez:

Le saludo cordialmente, deseándole éxitos en sus actividades. Por medio de la presente hacemos constar que hemos revisado y aprobado el Informe Final titulado: **“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) A ESCALA LABORATORIO Y PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS”**, elaborado por la estudiante de la carrera de Ingeniería Química **María Angela Polanco Alfaro**, quien se identifica con el registro académico **201612352** y con el CUI **2988 50745 0101**.


Agradeciendo la atención a la presente, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

INGENIERO QUÍMICO
Mario José Mérida Meré
Colegiado No. 1411


Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
PROFESOR INVESTIGADOR
Escuela de Ingeniería Química/USAC
JEFE
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-
Sección Química Industrial CII / USAC
Asesor




Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
PROFESORA INVESTIGADORA TITULAR X
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC
Asesora

INGENIERA QUÍMICA
Telma Maricela Cano Morales
Colegiado No. 433



Guatemala, 18 de abril de 2023.
Ref. EIQ.TG-IF.009.2023.

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **076-2020**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL

Solicitado por el estudiante universitario: **María Angela Polanco Alfaro**.
Identificado con número de carné: **2988507450101**.
Identificado con registro académico: **201612352**.
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.
En la modalidad: **TESIS (Informe Final, Seminario de Investigación)**.

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

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (Lippia graveolens HBK) A ESCALA LABORATORIO Y PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS


El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

Mario José Mérida Meré, profesional de la Ingeniería Química
Telma Maricela Cano Morales, profesional de la Ingeniería Química

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

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Adela María Marroquín González
Adela María Marroquín González
Ingeniera Química Col. No. 1446
Adela María Marroquín González
profesional de la Ingeniería Química
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

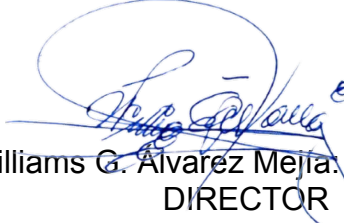





LNG.DIRECTOR.125.EIQ.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (Lippia graveolens HBK) A ESCALA LABORATORIO Y PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS**, presentado por: **María Angela Polanco Alfaro**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

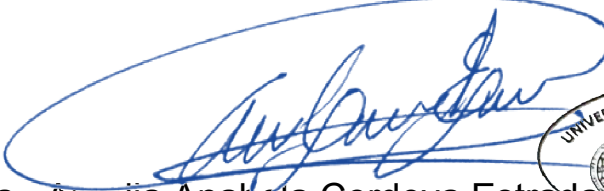
“Id y Enseñad a Todos”




Ing. Williams G. Álvarez Mejía. Mg.I.Q., M.U.I.E.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, mayo de 2023.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EXTRACTO FLUIDO Y EXTRACTO SECO DE ORÉGANO (Lippia graveolens HBK) A ESCALA LABORATORIO Y PLANTA PILOTO Y SU APLICACIÓN CONSERVANTE EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS**, presentado por: **María Angela Polanco Alfaro**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, junio de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por siempre ir de la mano conmigo guiando mi camino, mostrándome su amor infinito.
- Mi mamá** Vilma Alfaro, por ser mi soporte incondicional, por creer en mí y estar siempre con su amor y consejos. Las palabras se quedan cortas, gracias por ser mi motivación para ser cada día una mejor persona.
- Mi papá** Ángel Polanco, por su apoyo, por sus consejos y por enseñarme a confiar en mí, a soñar en grande y no rendirme ante las adversidades.
- Mi hermano** Sebastián Polanco, por ser mi cómplice, llenar de alegría mis días y siempre motivarme cuando lo necesito.
- Mi novio** Mario Monzón, por su amor, apoyo y motivación a alcanzar mis sueños, por ser mi mejor amigo y cómplice; Por alegrar mis días, gracias por ser mi incondicional.
- Mis abuelos** Lidia Escobar y Gilberto Navarro, por su cariño, sus valiosos consejos, oraciones y apoyo a la distancia.

Mis tíos

Lucrecia, Patricia y María Isabel Navarro, Herbert Castillo, y William Polanco, por ser una importante influencia en mi vida y apoyo para mí, durante este trayecto.

Mis primos

Ana Lucía Castillo y Diana Guillén, por estar siempre para mí y celebrar mis logros como si fueran suyos. Herbert y Valentina Castillo, Marco y Paula Guillén, por transmitirme su alegría, apoyo y motivación.

Familia Monzón Castillo

Sonia y Brenda Monzón, Amparo Castillo, Ariana Martínez, y Daniel Azurdia, por el cariño y apoyo brindado durante todo este tiempo.

Mis amigos

Por todos los momentos vividos durante mi vida universitaria. En especial a aquellos que se han quedado y me han demostrado su apoyo y brindado sus ánimos desde el inicio hasta hoy, gracias por su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme las oportunidades que tengo y la fortaleza que necesito para afrontar cualquier adversidad.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por formarme como profesional y ayudarme a crecer como persona.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme la oportunidad de estudiar esta carrera y ser influencia en mi formación.
Mis padres	Por siempre estar para mí y ser un gran ejemplo de superación, por enseñarme el valor del esfuerzo y perseverancia para alcanzar mis metas.
Mi familia	Por todo el apoyo incondicional brindado, el amor y motivación a salir adelante.
Mis amigos	Grecia Bautista, Karla Echeverría, Isabel Muñoz, Pedro Monzón, Giovanna Molina, Emilio Galindo y demás amigos que han estado presentes ayudándome y apoyándome a lo largo de mi carrera. En especial a María Laparra, por siempre estar en las buenas y en las malas.

LIEXVE

A todo el equipo involucrado, por el gran apoyo brindado durante el proceso de ejecución de este estudio.

Mis asesores

Ing. Mario Mérida e Inga. Telma Cano, por instruirme, compartir sus conocimientos y principalmente por todo el apoyo brindado durante este proceso.

	2.3.1.1.	Preparación del sólido.....	11
	2.3.1.2.	Temperatura de lixiviación.....	12
2.3.2.		Equipo de lixiviación.....	12
	2.3.2.1.	Lixiviación por percolación a través de un lecho estacionario de sólidos	12
	2.3.2.2.	Lixiviación en lecho móvil.....	13
	2.3.2.3.	Lixiviación de sólidos dispersos	15
2.3.3.		Operaciones en estado no estacionario	15
	2.3.3.1.	Lixiviación in situ	16
	2.3.3.2.	Lixiviación a la intemperie	16
	2.3.3.3.	Tanques de percolación	16
	2.3.3.4.	Contacto múltiple a contracorriente: el sistema de Shanks	17
	2.3.3.5.	Percolación en tanques cerrados	18
	2.3.3.6.	Tanques con agitación	19
2.3.4.		Operaciones en estado estacionario	21
	2.3.4.1.	Lixiviación mediante el molido.....	21
	2.3.4.2.	Tanques con agitación	21
2.4.		Métodos de extracción	23
	2.4.1.	Destilación por arrastre con vapor.....	23
	2.4.2.	Hidrodestilación.....	25
	2.4.3.	Maceración.....	25
	2.4.4.	Técnica de extracción tipo SOXHLET	25
	2.4.5.	Técnica de secado por liofilización.....	27
	2.4.6.	Técnica de secado por aspersion (Spray drying)	27
2.5.		Orégano.....	28
	2.5.1.	Composición química	30
	2.5.2.	Principios activos.....	31
	2.5.3.	Actividad antioxidante	32

2.5.4.	Potencial antibacteriano	32
2.5.5.	Usos	33
2.6.	Biopelículas comestibles	34
2.6.1.	Clasificación en base al material estructural.....	35
2.6.2.	Aplicaciones de biopelículas comestibles.....	35
2.7.	Embutidos.....	36
2.7.1.	Tipos de embutidos	36
2.7.2.	Aditivos alimentarios en embutidos	37
2.7.3.	Definición aditivo alimentario	38
2.7.4.	Conservantes.....	38
2.7.5.	Control microbiológico	39
2.7.6.	Detección de microorganismos en los alimentos....	39
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	41
3.1.	Localización.....	41
3.2.	Variables.....	42
3.2.1.	Variables independientes	42
3.2.2.	Variables dependientes	42
3.3.	Delimitación del campo de estudio	43
3.3.1.	Obtención de materia prima.....	43
3.4.	Recursos humanos disponibles.....	44
3.5.	Recursos materiales disponibles	44
3.5.1.	Materia prima.....	44
3.5.2.	Instrumentación, equipo y cristalería	44
3.5.3.	Reactivos	45
3.5.4.	Material auxiliar.....	45
3.6.	Técnica cuantitativa y cualitativa	46

3.6.1.	Obtención de extracto fluido de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) por el método de percolación, a escala laboratorio	47
3.6.2.	Obtención de extracto fluido de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK), por el método de maceración dinámica a escala planta piloto	48
3.6.3.	Obtención de extracto seco de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK), por el método de percolación a escala laboratorio	49
3.6.4.	Obtención de extracto seco a partir de extracto acuoso de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK), por el método de maceración dinámica a escala planta piloto	50
3.6.5.	Rendimiento extractivo	51
3.6.6.	Caracterización fisicoquímica	52
3.6.7.	Aplicación de extractos en el embutido	53
3.6.7.1.	Formulación del embutido	53
3.6.7.2.	Formulación de película comestible añadiendo extractos de orégano para la conservación del embutido	54
3.6.7.2.1.	Elaboración de películas comestibles	55
3.6.7.3.	Aplicación de la película comestible a los embutidos	55
3.6.8.	Análisis sensorial	56
3.7.	Recolección y ordenamiento de la información	56
3.8.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	75
3.9.	Análisis estadístico	80

3.9.1.	Diseño experimental	80
3.9.2.	Media aritmética	82
3.9.3.	Varianza	82
3.9.4.	Desviación estándar	83
3.9.5.	Análisis de varianza (ANOVA)	83
3.9.6.	Resultados obtenidos a partir del análisis estadístico ANOVA	86
4.	RESULTADOS	95
4.1.	Rendimiento extractivo	95
4.2.	Caracterización fisicoquímica	96
4.3.	Análisis microbiológico	109
4.4.	Análisis sensorial	111
4.5.	Análisis estadístico (Anova).....	114
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	117
	CONCLUSIONES	125
	RECOMENDACIONES	127
	REFERENCIAS	129
	APÉNDICES	135
	ANEXOS	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Equipo típico de lecho estacionario para la lixiviación de azúcar de remolacha	13
2.	Extractor de Bollman	14
3.	Flujo del proceso de un balance de materia para una cascada de lixiviación en contracorriente	15
4.	Contacto múltiple a contracorriente, sistema de Shanks.....	18
5.	Flujo del proceso de un balance de materia para lixiviación a contracorriente en etapas múltiples	18
6.	Difusor de remolacha	19
7.	Tanques de lixiviación por lotes con agitación	20
8.	Agitador de Dorr.....	22
9.	Destilación por arrastre de vapor a escala laboratorio	24
10.	Destilación por arrastre de vapor a escala planta piloto.....	24
11.	Equipo de extracción tipo Soxhlet	26
12.	Planta de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK)	29
13.	Estructura química de los principales principios activos en el orégano..	31
14.	Solución formadora de película comestible.....	34
15.	Resultado gráfico del análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto fluido de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK)	112
16.	Resultado gráfico del análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto seco de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK)	113

TABLAS

I.	Instrumentación de medición, equipo y cristalería requerida	45
II.	Equipo de seguridad y otros materiales requeridos	46
III.	Formulación de chorizo.....	53
IV.	Formulación de recubrimiento comestible con extracto fluido	54
V.	Formulación de recubrimiento comestible con extracto seco.....	54
VI.	Rendimiento extractivo de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) con método de percolación, a escala laboratorio.....	57
VII.	Rendimiento extractivo de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) utilizando método de percolación, a escala laboratorio.....	57
VIII.	Rendimiento extractivo de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) con método maceración dinámica, a escala planta piloto	58
IX.	Rendimiento extractivo de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) utilizando método de maceración dinámica, a escala planta piloto	58
X.	Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.....	59
XI.	Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto	59
XII.	Índice de refracción de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.....	59
XIII.	Índice de refracción de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), escala laboratorio.....	60
XIV.	Índice de refracción de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.	60

XV.	Índice de refracción de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto	60
XVI.	Solubilidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio	61
XVII.	Solubilidad de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), escala laboratorio	61
XVIII.	Solubilidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto	62
XIX.	Solubilidad de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto	62
XX.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 1	63
XXI.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 2	64
XXII.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 3	65
XXIII.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), escala laboratorio, repetición 1	66
XXIV.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), escala laboratorio, repetición 2	67
XXV.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), escala laboratorio, repetición 3	68

XXVI.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 1	69
XXVII.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 2	70
XXVIII.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 3	71
XXIX.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 1	72
XXX.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 2	73
XXXI.	Composición química obtenida por cromatografía gc-ms de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 3	74
XXXII.	Análisis sensorial, sobre las muestras del embutido elaborado, aplicando extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) como aditivo conservante.....	74
XXXIII.	Análisis sensorial, sobre las muestras del embutido elaborado, aplicando extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) como conservante.....	75
XXXIV.	Rendimiento extractivo de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) con el método de percolación, a escala laboratorio.....	75

XXXV.	Rendimiento extractivo de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) con método de maceración dinámica escala planta piloto.....	76
XXXVI.	Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.....	76
XXXVII.	Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.....	77
XXXVIII.	Índice de refracción de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.	77
XXXIX.	Índice de refracción de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.....	78
XL.	Solubilidad de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.	78
XLI.	Solubilidad de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.	79
XLII.	Análisis sensorial con prueba hedónica de 5 puntos sobre muestras de embutido, aplicando extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) como aditivo conservante.....	79
XLIII.	Análisis sensorial con prueba hedónica de 5 puntos sobre muestras de embutido, aplicando extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) como aditivo conservante.....	80
XLIV.	Determinación de número de unidades experimentales	81
XLV.	Tabulación de resultados obtenidos del análisis estadístico anova	85
XLVI.	Anova para el porcentaje de rendimiento de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto.....	86
XLVII.	Anova para densidad de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala, laboratorio y planta piloto.....	86

XLVIII.	Anova para índice de refracción de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala, laboratorio y planta piloto	87
XLIX.	Anova para la solubilidad de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en etanol al 95% en función de la escala, laboratorio y planta piloto.....	87
L.	Anova para la solubilidad de extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en agua desmineralizada en función de la escala, laboratorio y planta piloto.....	88
LI.	Anova para el porcentaje de rendimiento de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto.....	88
LII.	Anova para índice de refracción de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala, laboratorio y planta piloto	89
LIII.	Anova para la solubilidad de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en etanol al 95% en función de la escala, laboratorio y planta piloto.....	89
LIV.	Anova para la solubilidad de extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en agua desmineralizada en función de la escala, laboratorio y planta piloto.....	90
LV.	Anova del porcentaje de rendimiento en función de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) a escala planta piloto.	90
LVI.	Anova del índice de refracción en función de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) a escala planta piloto.	91
LVII.	Anova para la solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en etanol al 95% a escala planta piloto.	91

LVIII.	Anova para la solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en agua desmineralizada a escala planta piloto.....	92
LIX.	Anova de la característica de sabor de la prueba de aceptabilidad a muestras de embutido (chorizo).....	92
LX.	Anova de la característica de olor de la prueba hedónica a muestras de embutido (chorizo).....	93
LXI.	Anova de la característica de color de la prueba hedónica a muestras de embutido (chorizo).....	93
LXII.	Anova de la característica de textura de la prueba hedónica a muestras de embutido (chorizo).....	94
LXIII.	Rendimiento extractivo de extractos provenientes de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.....	95
LXIV.	Rendimiento extractivo de extractos provenientes de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.....	95
LXV.	Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio y planta piloto.....	96
LXVI.	Índice de refracción de extractos provenientes de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.....	96
LXVII.	índice de refracción de extractos provenientes de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.....	97
LXVIII.	Solubilidad de extractos provenientes de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio.....	97
LXIX.	Solubilidad de extractos provenientes de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto.....	98
LXX.	Componentes químicos principales de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 1.....	98
LXXI.	Componentes químicos principales de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 2.....	99

LXXII.	Componentes químicos principales de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 3	100
LXXIII.	Componentes químicos principales de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 1	101
LXXIV.	Componentes químicos principales de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 2	102
LXXV.	Componentes químicos principales de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala laboratorio, repetición 3	103
LXXVI.	Componentes químicos principales de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 1 ..	104
LXXVII.	Componentes químicos principales de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 2 ..	105
LXXVIII.	Componentes químicos principales de extracto fluido proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 3 ..	106
LXXIX.	Componentes químicos principales de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 1 ..	107
LXXX.	Componentes químicos principales de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 2 ..	108
LXXXI.	Componentes químicos principales de extracto seco proveniente de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK), a escala planta piloto, repetición 3 ..	109
LXXXII.	Análisis microbiológico del chorizo elaborado con la aplicación de biopelículas comestibles formuladas con extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK)	110
LXXXIII.	Análisis microbiológico del chorizo elaborado con la aplicación de biopelículas comestibles formuladas con extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK)	110
LXXXIV.	Análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto fluido de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK).....	111

LXXXV.	Análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto seco de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK)	112
LXXXVI.	Resumen del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas de los extractos de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala.....	114
LXXXVII.	Resumen del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas en función de los extractos de orégano (<i>lippia graveolens</i> HBK) a escala planta piloto	115
LXXXVIII.	Resumen del análisis estadístico de la aceptabilidad de las muestras de chorizo.....	115

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
GC/MS	Cromatografía de gas acoplada a una espectrometría de masas.
ρ	Densidad
S	Desviación estándar
F	Factor de Fisher
°C	Grados Celsius
g	Gramos
kg	Kilogramos
L	Litros
\bar{X}	Media
mL	Mililitros
núm.	Número
n	Número de corrida
%	Porcentaje
%R	Porcentaje de rendimiento
t	Tiempo

GLOSARIO

Aditivo alimentario	Sustancia que normalmente no se consume como alimento por sí misma y tampoco se usa como ingrediente tradicional del alimento, cuya adición intencional al alimento es para un fin tecnológico en la fabricación, elaboración, tratamiento, envasado, empaque, transporte o almacenamiento.
Biopelícula comestible	Matriz delgada, de material comestible y que posteriormente será utilizada como un recubrimiento del alimento o será parte de los componentes del mismo.
Conservante	Aditivo alimentario que ayuda a mantener la estabilidad y la frescura del producto alimenticio. Ralentiza y evita la actividad de microorganismos patógenos.
Extracto	Sustancia obtenida por medio de una extracción realizada a alguna parte de una materia vegetal.
Extracto fluido	Preparación obtenida a partir de un alcohol como solvente, luego de su obtención se procede a concentrar hasta alcanzar una relación 1:1, indicando que cada mililitro de solvente contiene 1 gramo de principio activo.

Extracto seco	Preparación a partir de un extracto fluido concentrada hasta una relación mayor o igual a 2:1, que representa que por cada 2 ml de solvente se tiene 1g de principio activo.
Índice de refracción	Medida que da a conocer la reducción de la velocidad de la luz dentro del medio.
Lixiviación	Operación unitaria que consiste en disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido.
Maceración Dinámica	Método de extracción de tipo sólido-líquido, consiste en separar los compuestos activos en estado sólido sumergido en un líquido, en un tiempo determinado con una agitación constante.
Prueba hedónica	Análisis de evaluación de un alimento para determinar su aceptabilidad al público, se determina por medio de una escala de 5 puntos.
Solubilidad	Medida de la capacidad de cierta sustancia para disolverse en otra.
Solvente	Sustancia química utilizada para disolver un soluto.
Timol	Compuesto monoterpeno principal de varios extractos vegetales, especialmente en aceites esenciales, como el de orégano y tomillo.

UFC

Unidad formadora de colonias.

RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo la obtención y caracterización fisicoquímica del extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) proveniente del corredor seco de Guatemala, a escala laboratorio y planta piloto; Para evaluar su aplicación conservante en la producción de embutidos.

Tomando en cuenta los dos tipos de extractos y las dos escalas trabajadas se realizó un diseño experimental con tres repeticiones por cada dato, para un total de 12 tratamientos experimentales. Para su ejecución a escala laboratorio se implementó el método de percolación utilizando como solvente extractor alcohol etílico a 70 % y a escala planta piloto se empleó maceración dinámica con el mismo solvente extractor a 95 % (v/v). Se realizó una evaluación de rendimiento extractivo para cada tipo de extracto y cada escala a trabajar. Posterior a la obtención se realizó una caracterización fisicoquímica, determinando densidad, índice de refracción, solubilidad y composición química utilizando cromatografía de gases con acoplamiento a espectrometría de masas GC-MS.

Con los análisis realizados se compararon los rendimientos extractivos y propiedades fisicoquímicas para elegir los tratamientos óptimos y más adecuados, y así, evaluar el efecto conservante del extracto fluido y extracto seco de orégano en los embutidos. Para conocer el potencial conservante se realizaron biopelículas comestibles formuladas con ambos extractos de orégano, para ser aplicadas en muestras de chorizo elaboradas sin ningún aditivo conservante. Luego se realizó un análisis microbiológico a las muestras

para verificar que no hubiera presencia de ningún microorganismo patógeno siguiendo la norma RTCA 67.04.50:08. Por último, se realizó una prueba hedónica de 5 puntos con un panel de jueces de 25 personas, para evaluar la aceptabilidad del chorizo con las biopelículas formuladas con extracto fluido y extracto seco de orégano.

Se obtuvo un mayor porcentaje de rendimiento tanto del extracto fluido como del extracto seco de orégano a escala laboratorio, siendo de 97.139 ± 1.908 % y 5.378 ± 1.419 % respectivamente. El extracto seco de orégano mostró un índice de refracción más alto con un valor de 1.426 ± 0.004 . Asimismo, se determinó que ambos extractos obtenidos poseen componentes activos de naturaleza terpénica, siendo para el extracto fluido de orégano el componente mayoritario timol con un porcentaje de área de 13.829 %, quien es el encargado de dar las propiedades antioxidantes y antibacterianas al extracto.

En el extracto seco de orégano se presenta como componente mayoritario la pinocembrina con un porcentaje de área de 49.821 %. Según los resultados obtenidos de las muestras de chorizo con las biopelículas formuladas con extractos de orégano (*Lippia graveolens* HBK), el extracto seco fue el único que cumplió con los límites requeridos por el RTCA. Por último, la aceptabilidad de los chorizos elaborados con la formulación empleada, fue aceptada en cuanto a textura, olor y color, a diferencia del sabor que fue aceptado moderadamente.

OBJETIVOS

General

Evaluar la extracción y caracterización fisicoquímica de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio y planta piloto y su aplicación conservante en la producción de embutidos.

Específicos

1. Obtener a escala laboratorio y planta piloto el extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK).
2. Comparar el rendimiento extractivo de extracto fluido y extracto seco obtenido a partir de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala a utilizar: laboratorio y planta piloto.
3. Determinar las propiedades fisicoquímicas de la extracción de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del extracto obtenido: fluido y seco.
4. Caracterizar fisicoquímicamente los extractos obtenidos a partir de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala a trabajar: laboratorio y escala piloto.
5. Analizar el potencial conservante de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), como aplicación en la producción de embutidos.

HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación

Existe diferencia al evaluar el rendimiento extractivo y caracterización fisicoquímica de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) según el tipo de escala y su aplicación como aditivo conservante en la producción de embutidos.

Hipótesis estadística

Hipótesis nula:

- **Ho₁:** No existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del tipo de extracto: fluido y seco.
- **Ho₂:** No existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de extracto fluido y extracto seco a partir de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del tipo de escala: laboratorio y planta piloto.
- **Ho₃:** No existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas del orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del extracto obtenido: fluido y seco.

- **Ho4:** No existe diferencia significativa en la caracterización fisicoquímica de los extractos obtenidos a partir de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala a trabajar: laboratorio y escala piloto.
- **Ho5:** No existe diferencia significativa en el potencial conservante del extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), aplicado en la producción de embutidos.

Hipótesis alternativa:

- **Hi1:** Existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del tipo de extracto: fluido y seco.
- **Hi2:** Existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de extracto fluido y extracto seco a partir de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del tipo de escala: laboratorio y planta piloto.
- **Hi3:** Existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas del orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del extracto obtenido: fluido y seco.
- **Hi4:** Existe diferencia significativa en la caracterización fisicoquímica de los extractos obtenidos a partir de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala a trabajar: laboratorio y escala piloto.
- **Hi5:** Existe diferencia significativa en el potencial conservante del extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), aplicado en la producción de embutidos.

INTRODUCCIÓN

El orégano (*Lippia graveolens* HBK,) es una planta aromática, es utilizada en la medicina tradicional en América Central, su presencia se expande desde México hasta Panamá, Guatemala y Colombia (Rastrelli et al., 1998). La planta de orégano posee propiedades antisépticas, analgésicas, antipiréticas, antiinflamatorias, antibióticas y antioxidantes. Su extracto tiene varias aplicaciones, entre ellos se puede mencionar su uso como aditivo ya sea como saborizante natural o conservante de alimentos, también se le puede atribuir su empleo como precursor de perfumes, cosméticos y en la industria farmacéutica (Soto-Armenta et al., 2017). Los componentes primarios del orégano son timol y carvacrol, estos son los responsables de la mayoría de acciones a las que se le atribuye (Cavero et al., 2006).

Se ha logrado demostrar que el orégano tiene efecto antimicrobiano, esto debido a que inhibe el crecimiento de ciertas bacterias patógenas encontradas en alimentos. Este efecto es debido, a que sus extractos poseen compuestos volátiles, como los son el timol y carvacrol (Amadio et al., 2011).

Los extractos provenientes de plantas son una opción factible y con gran potencial en el mercado de aditivos conservantes naturales y eco amigables. Estos aditivos naturales logran tener el mismo efecto microbiano y reducen el riesgo en la salud humana del consumidor (Tofiño Rivera et al., 2017). Se pueden obtener haciendo uso de las técnicas por expresión, fermentación, o extracción, por lo que, para obtener el extracto fluido y extracto seco de orégano se utilizaron métodos propios de una extracción sólido-líquido, como lo es la percolación y maceración dinámica (Burt, 2004).

La demanda en la producción del sector cárnico y sus derivados, demuestra lo importante que es encontrar nuevas alternativas de aditivos que logren mantener las propiedades y características del alimento con una menor cantidad de químicos o si es posible su sustitución total (Tofiño Rivera et al., 2017). Una de estas posibilidades es el uso de extractos vegetales como aditivos conservantes (Burt, 2004).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio de investigación fue conocer el potencial que tienen los extractos del orégano (*Lippia graveolens* HBK), como conservante en la producción de embutidos, demostrando su aplicación en una película comestible la cual recubre el embutido. Puesto que en Guatemala el orégano no se llega a aprovechar a nivel industrializado, obviando las propiedades antioxidantes y antibacterianas que posee y el uso que se le puede dar como aditivo conservante en la industria alimentaria.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad varias hierbas y especias de la familia Lamiaceae, a la que pertenece el orégano, han sido analizadas como antioxidantes y evaluadas como conservantes en alimentos. Esto ha aumentado su importancia en la industria de alimentos por ser una alternativa viable a los aditivos sintéticos (Amadio et al., 2011).

En la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, se llevó a cabo el estudio de investigación *Extraction yield of essential oil from Lippia graveolens Leaves by steam distillation at laboratory and pilot scales*, en este, se realizó un proceso de destilación al vapor con el objetivo de extraer aceite esencial de hojas de orégano y evaluar el efecto que tiene la escala sobre el rendimiento extractivo del aceite esencial del orégano. Se determinó que la esencia del aceite del orégano *L. graveolens* extraída a escala de laboratorio tenía 34 compuestos, y la mayoría de los componentes eran carvacrol, timol y β -cymene. En el caso de los experimentos realizados a escala piloto, se identificaron un total de 19 compuestos en el aceite esencial extraído de las hojas de orégano *L. graveolens*. Carvacrol, timol y β -cymene conformaron los componentes principales del aceite esencial de orégano, obteniendo un mayor rendimiento a escala laboratorio siendo de 4.41 % (Soto-Armenta et al., 2017).

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria de la Universidad de Santander, Colombia, junto con otras entidades de la Facultad de Salud, realizó el estudio de investigación *Conservación microbiológica de*

embutido carnico artesanal con aceites esenciales Eugenia caryophyllata y Thymus vulgaris. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad microbiológica junto a las características sensoriales de embutidos chorizos artesanales, dichos embutidos fueron conservados con aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y clavo (*Eugenia caryophyllata*).

Se realizó extracción de los aceites esenciales, luego una caracterización fisicoquímica y organoléptica de los mismo, y un análisis de la actividad antimicrobiana sobre los patógenos *Salmonella* spp, *S. aureus* y *E. coli*, y por último una prueba sensorial al chorizo. Se logró relacionar que los aceites esenciales de tomillo y clavo también poseen actividad antimicrobiana sobre las cepas de *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli* y *Klebsiella oxytoca*. Se determinó que los aceites esenciales de tomillo y clavo atribuyen propiedades antimicrobianas y la capacidad para conservar las características organolépticas de los embutidos elaborados de forma artesanal, en el que el tomillo mostró una mayor efectividad como aditivo conservante en los chorizos (Tofiño Rivera et al., 2017).

En la Unidad de Tecnología Alimentaria del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco AC., México, se llevó a cabo el estudio denominado *Optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir del orégano (Lippia graveolens HBK) mexicano, utilizando metodología de superficie respuesta (MSR)*. El objetivo del estudio de investigación fue realizar la búsqueda de las condiciones óptimas de extracción de antioxidantes a partir del orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK). La extracción que se realizó fue a partir del método de maceración agitada usando como solvente mezclas hidro-etanólicas. Las condiciones

óptimas de extracción fueron encontradas implementando la metodología de superficie de respuesta, teniendo como variables respuesta del experimento a la concentración de fenoles totales y la capacidad antioxidante.

Se determinó que la concentración de fenoles totales tiene tendencia al incremento por efecto del aumento de la temperatura y de la disminución del tamaño de partícula, así también incrementa cuando las concentraciones de etanol son cercanas al 60 % (v/v). Por otro lado, la capacidad antioxidante se observa que es mayor cuando se tienen temperaturas cercanas a los 55 °C, los tamaños de partícula son bajos y la concentración de alcohol es intermedia alrededor de un 50 % (v/v). Por lo tanto, se demuestra que a condiciones óptimas el orégano mexicano es una alternativa de sustancias fenólicas con una buena capacidad antioxidante (Flores Martínez et al., 2016).

En el Programa de Química de la Universidad del Quindío, Colombia, se realizó el estudio de investigación *Extracción y caracterización del aceite esencial de Lippia origanoides H.B.K., orégano de monte cultivado en el Quindío y evaluación de la actividad antimicrobiana*. El estudio tuvo como objetivo evaluar el aceite esencial de orégano cultivado en Quindío y su actividad antimicrobiana, asimismo, comparar el rendimiento extractivo por dos técnicas de extracción.

La extracción del aceite esencial de orégano se realizó utilizando la técnica de hidrodestilación asistida por microondas y destilación por arrastre con vapor. Para el análisis fisicoquímico se determinó densidad, índice de refracción, color y pH. Se determinó que el mejor rendimiento extractivo se obtuvo con la técnica de hidrodestilación asistida por microondas, con hojas en estado seco. Con un análisis por cromatografía de gases acoplado a detector de masas se analizó que el aceite esencial es rico en monoterpenos fenólicos,

siendo el Timol el compuesto mayoritario. Y respecto a su efecto antimicrobiano fue mayor en microorganismos Gram-positivos, hongos y levaduras (Henaó et al., 2010).

En la Universidad de Utrecht, Departamento de Salud Pública y Seguridad Alimentaria, Países Bajos, se llevó a cabo el estudio *Essential oils, their antibacterial properties and potential applications in foods*, este se encuentra centrado principalmente en el efecto antibacteriano de los aceites en los patógenos transmitidos por los alimentos y, en particular, en aquellos de los que los animales de alimentación son el principal reservorio.

Se menciona una recopilación de estudios realizados con carne fresca, embutidos, pescado, leche, productos lácteos, verduras, frutas y arroz cocido. Han demostrado que la concentración necesaria para lograr un efecto antibacteriano significativo es de alrededor de 0,5-20 $\mu\text{l g}^{-1}$ en los alimentos. Aunque, una cantidad pequeña de conservantes de alimentos que contienen aceites esenciales está disponible comercialmente.

Se hace mención que hasta principios de la década de 1990 se habían publicado muy pocos estudios de la actividad de los aceites esenciales en los alimentos. Se comprobó que el eugenol y los aceites de cilantro, clavo, orégano y tomillo eran eficaces en niveles de 5-20 $\mu\text{l g}^{-1}$ para inhibir *L. monocytogenes*, *A. hydrophila* y la flora autóctona de deterioro en los productos cárnicos o embutidos, causando a veces una marcada reducción inicial del número de células recuperables (Burt, 2004).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Extractos

Una sustancia que es obtenida por una extracción de alguna parte de una materia vegetal es llamada extracto, frecuentemente se utiliza como solvente extractor etanol o agua. Los extractos están conformados por principio aromáticos, que se pueden obtener de varias especias, hierbas, frutas, frutos secos, y algunas flores. Se comercializan como aceites esenciales, oleorresinas, absolutos, tinturas o en forma de polvo (García Guerra et al., 2001).

La recuperación de los principios activos procedentes de las plantas se puede dar a partir de una concentración de los mismos, elevándose a partir de la evaporación del disolvente. Sin embargo, la evaporación podría dañar y alterar los principios activos, por lo tanto, se debe realizar al vacío con esto se consigue que la evaporación se realice a una temperatura adecuada.

Existen varios equipos para ejecutar estos procedimientos, su uso dependerá del resultado requerido, entre ellos se pueden encontrar:

- Concentradores a vacío
- Atomizadores: equipo que produce una evaporación instantánea a partir de un producto líquido agregado en una corriente de gas caliente.

- Liofilizadores: aparato encargado de producir una deshidratación a temperaturas muy bajas. Se basa en el proceso de sublimación para obtener liofilizados.

2.1.1. Extracto fluido

Preparación obtenida a partir de un alcohol como solvente a una concentración adecuada, dependiendo del producto deseado y principios activos contenidos en cada planta, durante un tiempo determinado el cual está en función a la parte utilizada como por ejemplo hojas, tallo, flores, raíz, entre otros. Luego de su obtención se procede a concentrar al vacío y estandarización hasta alcanzar 1:1, indicando que cada mililitro de solvente contiene 1 gramo de principio activo (Zevallos Velázquez, 1894).

2.1.2. Extracto seco

Un extracto seco se prepara a partir de un extracto fluido, el cual se evapora al vacío. Este es el resultado de una desecación, por lo tanto, extracción de agua presente en el extracto inicial. La concentración es mayor o igual a 2:1, representando que por cada 2 ml de solvente existe 1g de principio activo (Hernández et al., 2007). Se pueden obtener por procesos de liofilización y secado por aspersion.

2.2. Aceite esencial

Los aceites esenciales también conocidos como aceites volátiles o etéreos, son mezclas de distintas sustancias químicas, las cuales son biosintetizadas por las plantas, presente en material vegetal como semillas,

capullos, hojas, raíces, corteza, flores, hierbas y frutas. Estos son los responsables del aroma característico de algunas especias (Burt, 2004).

Existen varios métodos de obtención entre ellos se puede mencionar expresión, fermentación, extracción o enfleurage, maceración, destilación al vapor, entre otros. Este último es el más utilizado para la producción de aceites esenciales para su posterior comercialización. Aproximadamente se conocen 3000 aceites esenciales, provenientes de diferentes plantas, se estima que 300 son más importantes a nivel comercial y se utilizan principalmente en la industria de sabores y fragancias (Burt, 2004).

2.2.1. Propiedades

Los aceites esenciales se reconocen por tener ciertas propiedades antimicrobianas, estas han sido estudiadas en la actualidad para darles un amplio uso en la industria. Estos también presentan componentes que demuestran propiedades antimicóticas, antiparasitarias, antivirales, antioxidantes e insecticidas. Todas estas propiedades están potencialmente relacionadas con la función de los principios activos de las plantas (DoTerra, 2020).

2.2.2. Características

Son sustancias químicas intensamente aromáticas, no son grasas y esto evita que se enrancien, son livianos es decir poco densos y son volátiles a causa de que se evaporan rápidamente. Se oxidan por exposición al aire y algunos son fotosensibles. Su solubilidad es muy importante a causa de que son insolubles en agua, y solubles en alcohol, ceras, aceites vegetales y grasas, ceras y aceites vegetales (Ecured, 2011).

2.2.3. Clasificación

La clasificación de los aceites esenciales es en base a diferentes criterios, se dividen por consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios (Martínez M., 2003).

2.2.3.1. Consistencia

Los aceites esenciales se clasifican según su consistencia en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas (Bueno Durán, 2014).

- Esencias fluidas: líquidos volátiles al encontrarse a temperatura ambiente.
- Bálsamos: son poco volátiles, su consistencia es más viscosa y está sujeto a tener reacciones de polimerización.
- Oleorresinas: sustancias o extractos semisólidos, tienen una alta viscosidad, y contienen de manera concentrada el aroma de las plantas.

2.2.3.2. Origen

Los aceites esenciales se clasifican según su origen como naturales, artificiales y sintéticos (Martínez M., 2003).

- Naturales: estos son obtenidos de la planta sin sufrir alteraciones físicas y químicas posterior a su extracción. Estos aceites tienen un bajo rendimiento, pero un alto costo.

- **Artificiales:** los aceites esenciales artificiales se obtienen por procesos de agregación de la misma esencia con uno o más de sus componentes, de esta manera se enriquece la sustancia.
- **Sintéticos:** son producidos por la mezcla de sus componentes, en su mayoría por síntesis química. Por el proceso de obtención son de menor costo, y son utilizados como saborizantes y aromatizantes. La esencia de vainilla es un claro ejemplo de estos.

2.2.3.3. Naturaleza química de componentes mayoritarios

Los aceites esenciales se pueden clasificar por el tipo de sustancias que lo conforman como los componentes mayoritarios. Estos son vistos químicamente a pesar de tener una composición compleja (Martínez M., 2003).

- **Monoterpenoides:** son aceites esenciales conformados en su mayoría por monoterpenos.
- **Sesquiterpenoides:** son ricos en sesquiterpenos, algunos ejemplos son pino y junípero.
- **Fenilpropanoides:** aceites esenciales compuestos mayoritariamente por fenilpropanos.

2.2.4. Aplicaciones

En la antigüedad y actualidad los extractos provenientes de plantas y aceites esenciales se han empleado para realizar diferentes actividades debido a gran versatilidad (DoTerra, 2020).

Actualmente se utilizan para para fomentar y ayudar a tener un estilo de vida más saludable. Son poseedoras de actividad farmacológica, por lo tanto, son base de la aromaterapia, además son ampliamente usados en la industria de la perfumería y cosmética, industria farmacéutica, industria alimentaria, licorería y confitería (del Villar Ruiz de la Torre y Melo Herráiz, 2010).

2.3. Procesos de extracción sólido-líquido

El término extracción es comúnmente utilizado para describir la operación de extracción sólido-líquido. Sin embargo, también es aplicado a las operaciones de separación que emplean métodos de transferencia de masa. Las operaciones de transferencia de masa en la categoría de sólido-líquido son adsorción, desorción, secado y lixiviación.

2.3.1. Lixiviación

La lixiviación es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido (Treybal, 1980). Según Treybal, la operación unitaria de lixiviación es una de las más antiguas en la industria química, se puede denominar de varias formas, dependiendo de la técnica compleja que se utilice para llevarla a cabo.

Esta operación unitaria se utiliza normalmente para separar un soluto deseado o eliminar un soluto que no se desea obtener de una fase sólida. Para que esto se logre se ponen en contacto con una fase líquida. Al momento de entrar en contacto ambas fases, estas se difunden del sólido a la fase líquida, permitiendo una separación de los componentes del sólido. La operación también se puede considerar como una extracción, aunque también esta expresión se refiere a una extracción líquido-líquido. Cuando se tiene como fin eliminar con agua algún componente no deseado en un sólido, el proceso de lixiviación es llamado lavado (McCabe et al., 2007).

Al utilizar la lixiviación se logra separar productos orgánicos naturales de sus estructuras iniciales. Los aceites esenciales se recuperan a partir de materia vegetal mediante la lixiviación con disolventes orgánicos. Varios productos utilizados en la industria farmacéutica y alimenticia se obtienen mediante la extracción en raíces y hojas de plantas (Treybal, 1980).

2.3.1.1. Preparación del sólido

Para que una lixiviación sea realice con éxito la mayoría de veces depende del tratamiento que se le dé al material sólido antes de llevar a cabo el procedimiento. Asimismo, el método de preparación del sólido depende del alto grado de la proporción existente del constituyente soluble, de la proporción del constituyente soluble presente, de su distribución en el material sólido original, de la naturaleza del sólido, que puede estar integrado por células vegetales o el material soluble estar totalmente rodeado por una matriz de materia insoluble, y del tamaño de partícula original (Geankoplis, 1998).

2.3.1.2. Temperatura de lixiviación

Generalmente se busca trabajar la lixiviación a temperaturas elevadas. Considerando que producen una mayor solubilidad del soluto en un disolvente, por lo tanto, las concentraciones finales son mayores en el licor de lixiviación. La viscosidad del líquido es menor y las difusividades mayores cuando se utilizan temperaturas elevadas, incrementando la rapidez con la que ocurre la lixiviación (Treybal, 1980).

2.3.2. Equipo de lixiviación

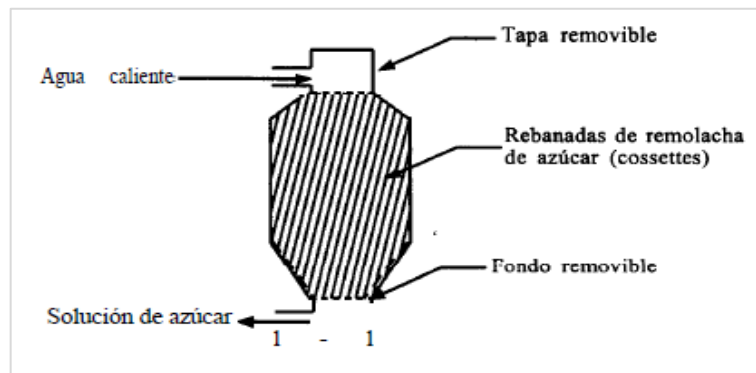
La selección del equipo que se utilizara para el realizar el proceso de lixiviación depende de la forma del sólido a manejar, tipo de proceso y del costo de manejo. Estos se clasifican por el ciclo de operación, dirección de las corrientes y el número de etapas.

2.3.2.1. Lixiviación por percolación a través de un lecho estacionario de sólidos

La lixiviación a través de un lecho estacionario de sólidos se lleva a cabo en un tanque que tiene un fondo falso perforado, de esta manera soporta los sólidos y permite la salida del solvente. En algunos casos la velocidad de disolución tiene una gran rapidez y hace que sea suficiente un solo paso del solvente a través del material, pero por lo general, se utiliza flujo en contracorriente del solvente por medio de una batería de tanques. El flujo avanza por los tanques de entrada y descarga a medida que se va agregando y retirando el material, este proceso es llamado sistema de Shanks.

En ciertos casos de lixiviación en lechos estacionarios de sólidos, el solvente es volátil, por lo que, es necesario usar recipientes cerrados operados a presión (McCabe et al., 2007).

Figura 1. **Equipo típico de lecho estacionario para la lixiviación de azúcar de remolacha**



Fuente: Geankoplis (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. p. 805.

2.3.2.2. Lixiviación en lecho móvil

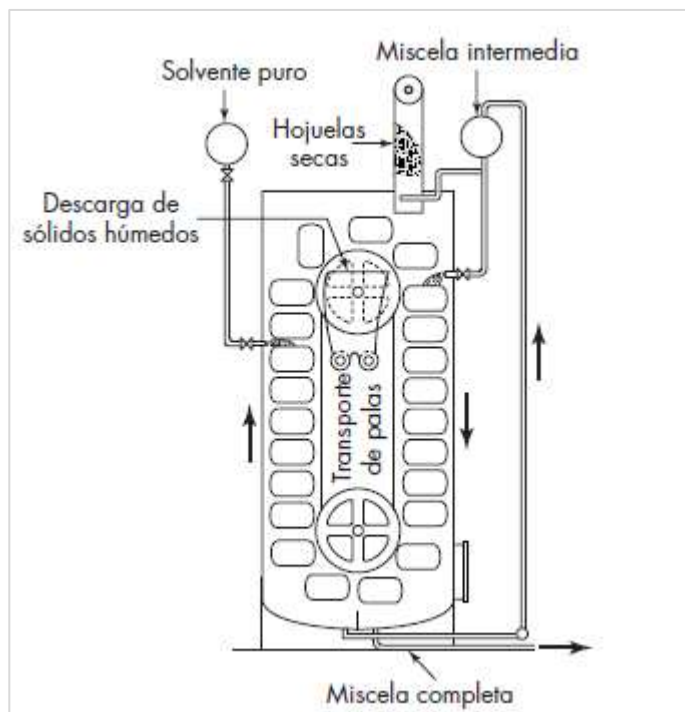
Se encuentran diversos dispositivos para lixiviar a contracorriente en etapas, entre ellos el lecho es móvil y no fijo. Este tipo de proceso es útil para la extracción de aceite a partir de semillas vegetales, tales como la semilla de cacahuate, algodón y soya. Los disolventes generalmente son productos derivados del petróleo como lo es el hexano. Se obtiene una solución final de disolvente y materia vegetal, esta es llamada micela, y puede contener sólidos pequeños en suspensión.

El extractor de Bollman es un ejemplo de un equipo de lixiviación de lecho móvil, contiene un elevador de palas dentro de una carcasa cerrada. En la parte superior derecha se carga la máquina con sólidos en forma de hojuelas,

conforme van descendiendo se lixivian con una solución diluida de aceite en disolvente llamada micela intermedia. El líquido baja por percolación a través de los lechos móviles y se recolecta en el fondo, como una solución concentrada conocida como micela completa (Geankoplis, 1998).

El extractor de Bollman puede ser utilizado en la obtención de aceite de soya, se alimenta con frijoles de soya y se rocían con una cantidad apropiada de micela intermedia. Conforme los sólidos y el solvente bajan en corrientes paralelas el solvente va extrayendo más aceite de la soya (McCabe et al., 2007).

Figura 2. **Extractor de Bollman**

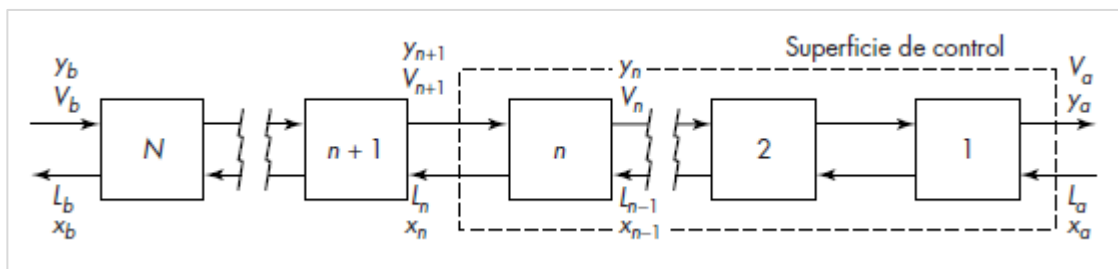


Fuente: McCabe et al. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. p. 801.

2.3.2.3. Lixiviación de sólidos dispersos

Los sólidos que desarrollan lechos impermeables durante el proceso de lixiviación se tratan dispersándolos en un disolvente, utilizando agitación mecánica en un tanque o mezclador de flujo. Logrando una lixiviación continua a contracorriente con varios agitadores en serie con tanques de sedimentación o espesadores de gravedad conectados en serie o bien, si el contacto en un espesador no resulta adecuado, se coloca un tanque de agitación entre cada pareja de espesadores (McCabe et al., 2007).

Figura 3. Flujo del proceso de un balance de materia para una cascada de lixiviación en contracorriente



Fuente: McCabe et al. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. p. 802.

2.3.3. Operaciones en estado no estacionario

Este tipo de operaciones abarcan aquellas en donde los sólidos y líquidos se ponen en contacto únicamente en forma de lotes y también las operaciones en que un lote sólido está en contacto con una corriente continua de líquido. Las partículas sólidas gruesas, por lo general, se manejan en lechos fijos utilizando métodos de percolación, mientras que los sólidos que están

divididos finamente, pueden estar en suspensión más fácilmente (Treybal, 1980).

2.3.3.1. Lixiviación in situ

La operación de lixiviación in situ es llamada generalmente minería en solución, debido a que se refiere a la lixiviación por percolación de minerales en una mina. Se hace circular el disolvente sobre y a través del mineral.

La lixiviación in situ se usa comúnmente para obtener sal proveniente de los depósitos que se encuentran en la superficie de la tierra, mediante la disolución de la sal en agua, luego se bombea hasta el depósito. Los reactivos se pueden inyectar a través de una serie de tuberías que descienden hasta la veta. El licor resultante se obtiene por medio de otra serie de tuberías (Treybal, 1980).

2.3.3.2. Lixiviación a la intemperie

Los minerales de bajo contenido, en el que su valor en mineral no representa el gasto de molienda o trituración, se pueden lixiviar en forma de rocas extraídas de la mina y se colocan en grandes montones encima de terreno impermeable. El licor de lixiviación se bombea encima del mineral y se consigue cuando sale del montón. Utilizando este tipo de operaciones se lixivian el cobre y uranio (Treybal, 1980).

2.3.3.3. Tanques de percolación

Los sólidos que poseen un tamaño intermedio se pueden lixiviar apropiadamente con métodos de percolación utilizando tanques abiertos. Estos

tanques pueden construirse de distintas maneras, según la naturaleza del sólido y del líquido a tratar y el alcance de la operación.

Los tanques de menor tamaño, generalmente se hacen de madera, siempre y cuando el material no se deteriore por el líquido de lixiviación. Pueden estar hechos completamente de metal, con fondos falsos perforados, en donde se coloca una tela filtro, como se utiliza en la operación de lixiviación de productos farmacéuticos obtenidos a partir de plantas. Los tanques de percolación de mayor tamaño oscilan en un volumen de 45 x 34 x 5.5 m de profundidad, son utilizados para la lixiviación de minerales de cobre, y se han fabricado mayormente de concreto reforzado con revestimiento de cemento de plomo o bituminoso (Treybal, 1980).

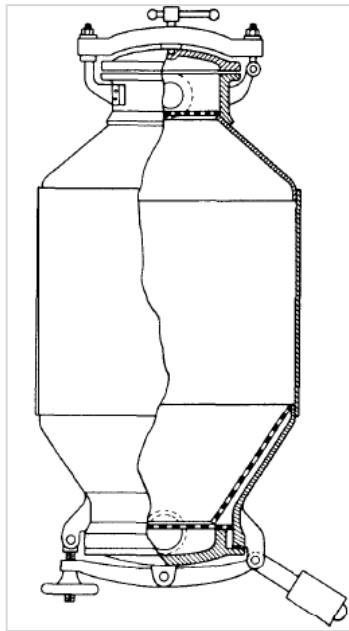
2.3.3.4. Contacto múltiple a contracorriente: el sistema de Shanks

La lixiviación y el correspondiente lavado del soluto lixiviado de los tanques de percolación por métodos a contracorriente, da como resultado una solución más concentrada. La solución que se obtiene al final es debida al contacto con el sólido y el disolvente más fresco agregada al sólido, dicho material se encuentra lixiviado o lavado la mayoría del soluto.

El sistema de Shanks es implementado con el fin de evitar el movimiento físico de los sólidos de tanque en el proceso.

líquido a través del lecho de sólido (Treybal, 1980). Estos tanques algunas veces son llamados difusores. Según Treybal, los tanques cerrados también son fundamentales para evitar que existan pérdidas por evaporación cuando el disolvente es muy volátil o cuando se trabaja a temperaturas mayores al punto normal de ebullición del disolvente. Los diseños de los tanques varían, según su aplicación.

Figura 6. **Difusor de remolacha**



Fuente: Treybal (1980). *Operaciones de transferencia de masa*. p. 801.

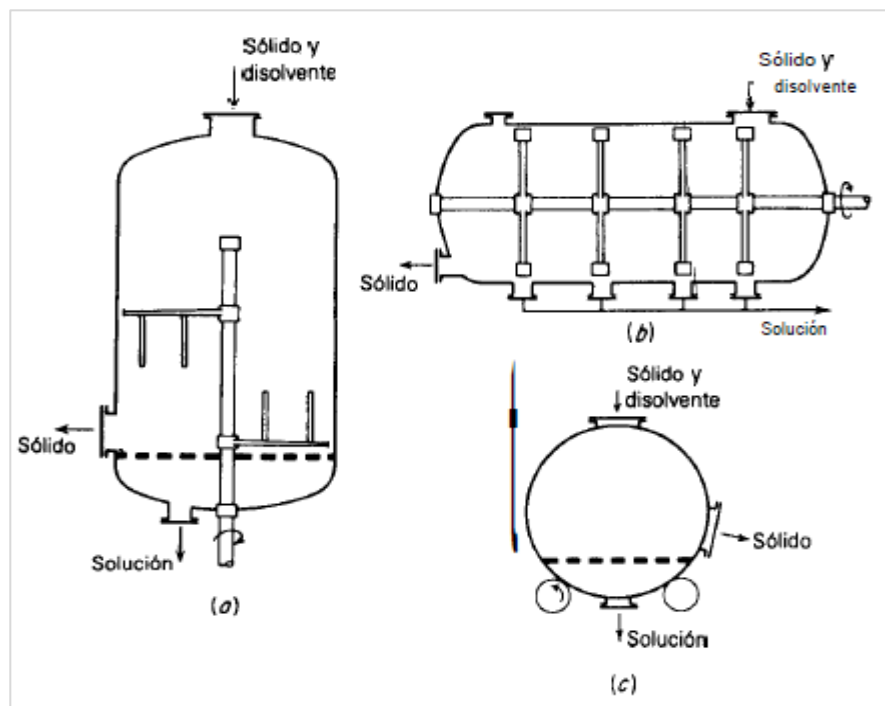
2.3.3.6. **Tanques con agitación**

La agitación del líquido y el sólido en tanques de lixiviación para sólidos gruesos, se puede dar en muchos tipos de tanques con agitación. En estos casos, los tanques cerrados se colocan de forma vertical y se les agregan

agitadores sobre ejes verticales. También se pueden colocar tanques horizontales, en donde el agitador es colocado sobre un eje horizontal.

Estos aparatos operan por lotes y proporcionan una sola etapa de lixiviación, pueden trabajar solos, pero generalmente se utilizan en baterías colocadas para la lixiviación a contracorriente. Los sólidos que se encuentran finamente divididos se pueden suspender en los disolventes de lixiviación por agitación, para una operación por lotes existen distintos tanques con agitación, el más sencillo es el tanque Pachuca. La agitación en los tanques ocurre debido a que se hace pasar aire a través de la suspensión y los agitadores mecánicos poseen impulsores del tipo de turbina. Después de finalizada la lixiviación, se detiene la agitación y se deja sedimentar el sólido (Treybal, 1980).

Figura 7. Tanques de lixiviación por lotes con agitación



Fuente: Treybal (1980). *Operaciones de transferencia de masa*. p. 802.

2.3.4. Operaciones en estado estacionario

El equipo utilizado en operaciones en estado estacionario (continuo), se puede clasificar en dos categorías principales, las cuales son operado por etapas o en contacto continuo. El equipo por etapas se puede armar en unidades múltiples, y así producir el efecto de varias etapas. Y el equipo de contacto continuo puede dar el equivalente a tener muchas etapas en un único aparato (Treybal, 1980).

2.3.4.1. Lixiviación mediante el molido

La mayoría de los sólidos a utilizar deben ser molidos previo al procedimiento de lixiviación. Esto con el objeto de que las partes solubles sean accesibles a los disolventes utilizados. Las fases líquida y sólida fluyen por un molino en paralelo, hasta que logran alcanzar su concentración en el equilibrio. Esta operación generalmente es lixiviación en una sola etapa, se requiere complementarse con otras operaciones adicionales como agitación o lavado (Treybal, 1980).

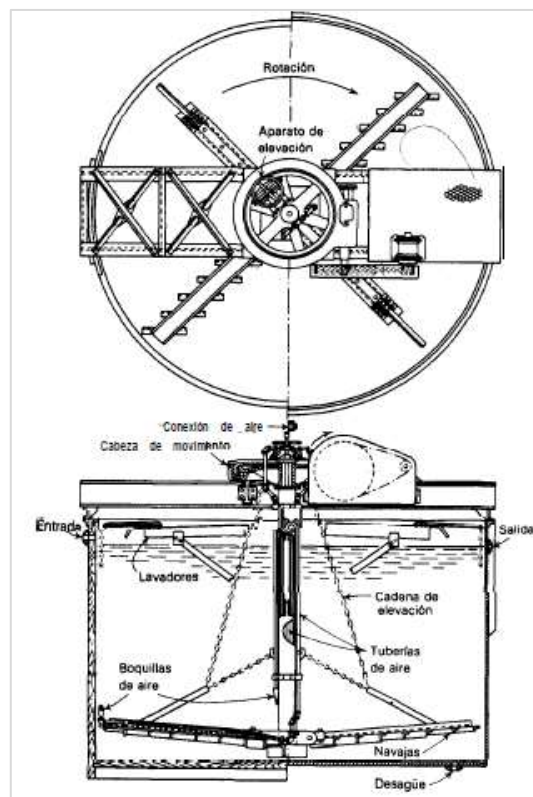
2.3.4.2. Tanques con agitación

Existen varios tipos de tanques de agitación que pueden ser utilizados para lixiviar continuamente sólidos finamente molidos, debido a que son fáciles de suspender en los líquidos utilizando el método de agitación. Éstos se pueden utilizar para el flujo continuo del líquido y del sólido y se debe diseñar con cuidado para que no exista acumulación de sólido.

Estos aparatos funcionan en una sola etapa debido al mezclado completo que realizan, asimismo, las fases líquida y sólida tienden a alcanzar el equilibrio dentro del tanque.

El agitador Dorr utiliza el principio de transporte de materia por medio de aire, es ampliamente utilizado en la industria metalúrgica, en química para lixiviación continua y lavado de sólidos divididos finamente. El eje central del agitador actúa como un vehículo de material con aire y al mismo tiempo gira lentamente. Los brazos unidos a la parte inferior del eje raspan los sólidos sedimentados hacia el centro del fondo del tanque, en donde se levantan mediante el ascenso de aire a través del eje hasta unos lavadores unidos a la parte superior (Treybal, 1980). Para los sólidos de diferente tamaño, la operación en el tanque agitado puede ajustarse a manera de que las partículas gruesas que requieran mayor tiempo de lixiviación.

Figura 8. **Agitador de Dorr**



Fuente: Treybal (1980). *Operaciones de transferencia de masa*. p. 810.

2.4. Métodos de extracción

Los métodos de extracción constan de una separación de una mezcla de sustancias, esto se realiza por disolución del componente, utilizando uno o más disolventes. Como resultado se obtienen dos componentes, el extracto que es la solución en el disolvente y el residuo. El método de extracción depende del producto que se desea obtener (López Sánchez et al., 2005).

2.4.1. Destilación por arrastre con vapor

El método de destilación por arrastre de vapor, se basa en poner en contacto con el material vegetal que se desea agotar con vapor seco, se genera comúnmente en una caldera para poder condensarlo posteriormente (López Sánchez et al., 2005).

Una de las ventajas de utilizar este método es que el vapor al entrar en contacto con el material vegetal se encuentra a una presión alta, esto favorece la extracción, porque rompe de una manera más fácil las micelas en donde está presente el aceite esencial.

Figura 9. **Destilación por arrastre de vapor a escala laboratorio**



Fuente: Soto Armenta et al. (2017). *Extraction Yield of essential oil from Lippia graveolens leaves by steam distillation at Laboratory and Pilot Scales.*

Figura 10. **Destilación por arrastre de vapor a escala planta piloto**



Fuente: Soto Armenta et al. (2017). *Extraction Yield of essential oil from Lippia graveolens leaves by steam distillation at Laboratory and Pilot Scales.*

2.4.2. Hidrodestilación

El método de hidrodestilación es un tipo de destilación en el que el agua y el material del que se desea obtener el extracto se encuentran en contacto directo. El material se debe encontrar sumergido en el agua a ebullición, el proceso de calentamiento se puede dar por fuego directo o utilizando algún método de calefacción como serpentines de vapor, resistencias eléctricas, entre otros. Este método es utilizado generalmente para la obtención de aceites esenciales (Henao et al., 2010).

2.4.3. Maceración

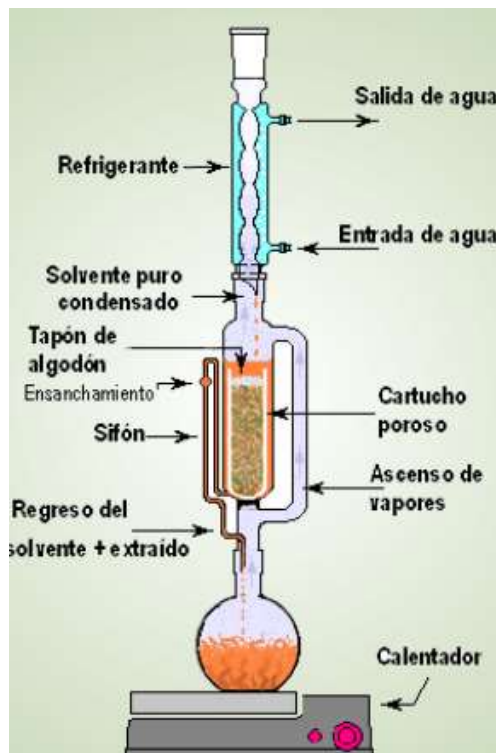
El proceso de maceración es un tipo de extracción sólido-líquido, consiste en separar los compuestos químicos del producto en estado sólido sumergido en un líquido, en un tiempo determinado. Esto con el fin de obtener los compuestos solubles en el solvente extractivo. El agente extractivo puede ser agua, vinagre, jugos, alcoholes como etanol o hexano, y aceites vegetales, estos se pueden combinar para modificar las propiedades de extracción, dependen de las características y componentes deseados de la materia vegetal (Flores Martínez et al., 2016).

2.4.4. Técnica de extracción tipo SOXHLET

La unidad de extracción tipo Soxhlet es utilizada en el método de extracción sólido-líquido. Este extractor se constituye de cuatro partes primordiales que son: condensador, matraz, unidad de extracción y un dedal. También se requiere de mangueras y del uso una plancha de calentamiento (Nuñez, 2008).

Para el proceso de la técnica de extracción Soxhlet, se agrega una cantidad determinada de la materia prima dentro del dedal de celulosa, luego este se coloca en el equipo de extracción y se coloca el matraz en donde se contendrá el solvente para separar fracciones solubles. Al llegar a su punto de ebullición el solvente producirá vapor y procede a ascender por la parte interna del extractor.

Figura 11. **Equipo de extracción tipo Soxhlet**



Fuente: Nuñez (2014). *Extraccion con equipo Soxhlet*. Consultado el 19 de octubre de 2020.

Recuperado de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequiposoxhlet.pdf>.

2.4.5. Técnica de secado por liofilización

La liofilización es un proceso de la operación de secado, este se basa en el congelado del solvente o medio de suspensión para luego sublimarlo, y de este modo cambiar de estado sólido a estado gaseoso. Esto se consigue reduciendo la presión y suministrando calor por medio de una fuente de energía al hielo para que la sublimación se lleve a cabo.

Dado que este proceso se realiza a bajas temperaturas se tiene la ventaja de que la técnica tiene la capacidad de secar compuestos que son sensibles a altas temperaturas como las enzimas o probióticos, los productos deshidratados muestran una mejor calidad en cuanto a color y textura. A pesar de las ventajas, esta técnica es más costosa que otras técnicas de secado debido a la cantidad de energía requerida (Matiacevich & Sáez, 2017).

2.4.6. Técnica de secado por aspersion (Spray drying)

El secado por aspersion o spray es una operación unitaria, en la que soluciones, suspensiones y pastas son atomizadas, en donde las gotas del líquido se dispersan dentro de una corriente de gas caliente para obtener un producto seco. Las partículas de líquido se evaporan rápidamente y se secan antes de que puedan llegar a las paredes del secador; El polvo seco obtenido cae al fondo cónico de la cámara y luego es extraído mediante una corriente de aire hasta un colector de polvos (Treybal, 1980).

El secado por aspersion es capaz de obtener principios activos dentro de una capa externa mientras va convirtiendo la materia prima líquida de la alimentación en un producto seco y estable. Asimismo, este proceso es una

operación de transferencia simultanea de masa y calor (Matiacevich & Sáez, 2017).

2.5. Orégano

El orégano (*Lippia graveolens* HBK), es una especie de hierba aromática, y se encuentra principalmente en Guatemala, México, Honduras, Nicaragua y en el sur de América del Norte (Rastrelli et al., 1998). Esta especie también es conocida como oreganón, oreganillo, oreganón verde y orégano mexicano. Es una hierba con una gran cantidad de aplicaciones debido a las propiedades que posee, entre ellas se puede mencionar: antiinflamatorias, antialérgicas, antimicrobianas, antivirales, espasmolíticas, vasodilatadoras, estrogénicas, antitumorales y actividad antioxidante (Bueno Durán, 2014).

La especie *Lippia graveolens* HBK, es un arbusto delgado que puede alcanzar tres metros de altura y tiene un aroma característico. Los tallos de la planta son densamente vilosos, glandulares y cuadrangulares. Las ramas poseen una corteza exfoliante. Las hojas de la especie son ovaladas, con un haz rugoso, peciolo delgado, envés piloso y ápice obtuso. Los frutos producen una capsula indehisciente a causa de que son pequeños y las flores se muestran en espigas subglobosas (Bueno Durán, 2014).

Figura 12. **Planta de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**



Fuente: Jauregui (2013). *Orégano Mexicano (Lippia Graveolens)*. Clasificación taxonómica.

Consultado el 11 de enero de 2021. Recuperado de

<https://telmajr.wordpress.com/2013/05/24/oregano-mexicano-lippia-graveolens/>.

- Reino: Plantae
- Filo: Tracheophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Lamiales
- Familia: Verbenaceae
- Género: Lippia
- Especie: L. graveolens

2.5.1. Composición química

La composición química de un material vegetal depende de varios factores, como el clima, la altitud y época de cosecha, el cuidado en el crecimiento de la planta, entre otros. En el orégano se ha encontrado componentes monoterpénicos como el p-cimeno y sus derivados fenólicos carvacrol y timol, ambos son representativos de un grupo de compuestos aromáticos producidos por la naturaleza (Arcila et al., 2004).

En la actualidad existen varios estudios acerca de la composición química presente en el orégano. En su composición se puede identificar:

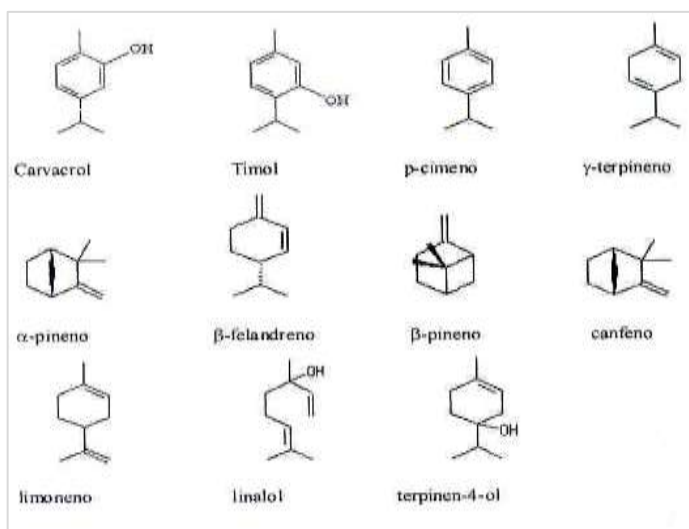
- Flavonoides: responsables del color de la planta, entre estos se encuentran apigenina y la luteolina, agliconas, alcoholes alifáticos, compuestos terpénicos y derivados del fenilpropano.
- Componentes mayoritarios: estos son compuestos encontrados en el aceite esencial de orégano de la especie *Lippia graveolens* HBK, en ellos encontramos limoneno, β -cariofileno, p-cimeno, canfor, linalol, α -pineno, timol y carvacrol. Pueden variar según el quimiotipo.
- Iridoides: encontrados en extractos metanólicos de hojas de *Lippia graveolens*, los minoritarios son loganina, secologanina, secxiloganina, dimetilsecologanosido, ácido logánico, ácido 8-epi-logánico y carioptosido y los iridoides mayoritarios son el ácido carioptosídico y sus derivados 6'-O-p-coumaroil y 6'-O-cafeoil.

2.5.2. Principios activos

Los componentes principales del orégano (*Lippia graveolens* HBK), son timol y carvacrol. Ha demostrado poseer un contenido elevado en compuestos polifenólicos, quienes son encargados de suministrar una eficiente protección contra la oxidación lipídica (Amadio et al., 2011).

- Aceite esencial: monoterpenos como carvacrol, γ -terpineno, p-cimeno, β -pineno, timol, mirceno, linalol, terpinen-4-ol, sesquiterpenos como cariofileno y germacreno.
- Ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico: ácido rosmarinico.

Figura 13. Estructura química de los principales principios activos en el orégano



Fuente: Arcila et al. (2004). *El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes*. Consultado el 18 de octubre de 2020. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100015.

2.5.3. Actividad antioxidante

Los antioxidantes de varios compuestos son importantes pues tienen la capacidad de proteger las células contra el daño por oxidación, ocasionando el deterioro y enfermedades crónicas degenerativas. Existen ciertos antioxidantes que se pueden consumir en alimentos, en los que se puede mencionar los carotenoides, compuestos fenólicos, tocoferoles y ácido ascórbico (Flores Martínez et al., 2016).

Las plantas aromáticas también muestran actividad antioxidante, debido a que poseen grupos hidroxilo en compuestos fenólicos. El orégano y sus diversas variedades han demostrado poseer un alto nivel de compuestos antioxidantes, siendo mayor a 140 mmol/100g. A pesar de contener una gran capacidad antioxidante sus aplicaciones en la industria alimentaria son reducidas por las propiedades de aroma y sabor que pueden aportar en los alimentos requeridos (Arcila Lozano et al., 2004).

2.5.4. Potencial antibacteriano

La actividad antibacteriana de un compuesto se puede ver afectada por la composición, el tipo y concentración que presente el aceite esencial, asimismo, tipo y concentración de microorganismo a inhibir y las condiciones del proceso.

En la actualidad existen varios estudios acerca de la actividad antibacteriana de los extractos de las diferentes clases de orégano, en donde se ha encontrado que los aceites esenciales presentan actividad contra ciertas bacterias gram negativas como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella pneumoniae* y *Enterobacter*

cloacae; y bacterias gram positivas como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus subtilis* (Henao et al., 2010).

La acción antibacteriana puede ser por la presencia de terpenoides, dado que son compuestos activos que sirven para combatir bacterias, hongos y protozoos, sin embargo, el mecanismo aún no está del todo descifrado, pero se cree que está implicada la rotura de la membrana por compuestos lipofílicos (Arcila Lozano et al., 2004).

2.5.5. Usos

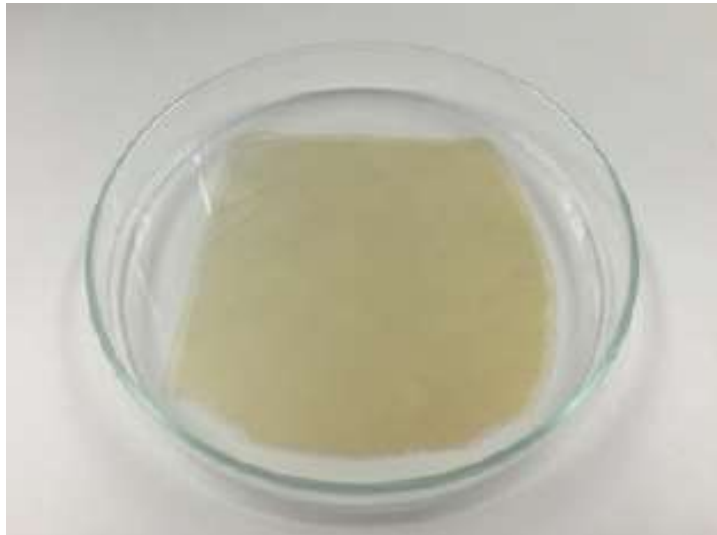
El orégano y las diferentes especies del mismo tienen diversas aplicaciones, en América latina es usado de manera fresca y seca en la cocina mediterránea, comúnmente es utilizado en la industria alimenticia como condimento, aromatizantes en la industria de perfumería y para la producción de oleorresinas y aceites esenciales. También es ampliamente utilizado en la medicina tradicional e industria farmacéutica como analgésico, antiinflamatorio, antifúngico, antipiréticos, antimicrobiano, antiespasmódico, entre otros (Arcila Lozano et al., 2004).

En la actualidad una variedad de especias y hierbas de la familia Lamiaceae a la cual el orégano es perteneciente, han sido analizadas y evaluadas como aditivos antioxidantes y conservantes en los alimentos. De esta forma se aumenta la importancia de su uso en la industria alimentaria como una alternativa para los aditivos sintéticos (Amadio et al., 2011).

2.6. Biopelículas comestibles

Una película comestible es una matriz delgada, de material comestible y que posteriormente será utilizada como un recubrimiento del alimento o será parte de los componentes del mismo.

Figura 14. **Solución formadora de película comestible**



Fuente: González (2016). *Las películas comestibles y su importancia en la industria de alimentos.*

Estas soluciones formadoras de películas comestibles pueden estar formada por un polisacárido, un compuesto proteico, lipídico o una mezcla de ambos. Las películas comestibles disponen de varias propiedades mecánicas que permiten generar un efecto de barrera ante el transporte de gases, y adquieren distintas características funcionales dependiendo de las propiedades de las sustancias utilizadas y formadoras de dichas soluciones (Quintero et al., 2010).

2.6.1. Clasificación en base al material estructural

Las películas y recubrimientos comestibles se pueden clasificar con base en el material estructural, los cuales son:

- Polisacáridos
- Proteínas
- Lípidos

Los polisacáridos y proteínas son clasificados como buenos materiales para la formación de películas comestibles, puesto que presentan excelentes propiedades estructurales y mecánicas, pero su barrera frente a la humedad es deficiente. Por otra parte, los lípidos tienen una alta capacidad de repeler la humedad dado a sus propiedades hidrofóbicas, en especial los que poseen un punto de fusión alto como la cera de abeja. Pero tienen una baja resistencia mecánica (Quintero et al., 2010).

Al utilizar colágeno como una base proteica, con la incorporación de aditivos como antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes y plastificantes en la producción de productos cárnicos proporciona grandes beneficios, porque actúa como una barrera, manteniendo las características organolépticas y fisicoquímicas durante el almacenamiento (Guzmán et al., 2015).

2.6.2. Aplicaciones de biopelículas comestibles

Las películas comestibles y recubrimientos comestibles pueden ser aplicados en la industria alimentaria e industria farmacéutica.

Las biopelículas comestibles son usadas para proporcionar alta calidad e inocuidad a los productos alimenticios. En la industria de cárnicos y embutidos es una gran alternativa para que estos productos sean más duraderos, sobre todo resistentes a los cambios de temperatura que sufren durante su transformación y comercialización (Guzmán et al., 2015). Su función también es conservar las características sensoriales y organolépticas de los productos, esto es una parte muy importante en la selección de los consumidores.

2.7. Embutidos

El sector cárnico es uno de los más demandados por los consumidores incluyendo sus diferentes derivados. Los embutidos son un tipo de los derivados cárnicos, se preparan a partir de una combinación de dos tipos de tejido, el muscular crudo y el graso; también contiene agua, sales, aditivos y condimentos. Como condimentos se utilizan comúnmente hierbas aromáticas y extractos que brindan un olor y sabor característico al producto. Los embutidos pueden ser sometidos o no a alguno de los procesos tecnológicos de curado, cocción y deshidratación (Tofiño Rivera et al., 2017).

2.7.1. Tipos de embutidos

Los embutidos se pueden clasificar según su proceso de preparación, tipo de carne y tratamiento previo que se le da al producto cárnico, estos pueden clasificarse como escaldados, cocidos y crudos.

- Escaldados: embutidos cuya composición de carne fresca no es completamente madura, debido a que sufre un tratamiento térmico de cocción para favorecer la conservación de la misma reduciendo el contenido microbiológico que pudiera poseer. Este tipo de embutidos

puede pasar por un proceso opcional de ahumado. Algunos ejemplos de embutidos escaldados son jamón cocido y mortadela.

- **Cocidos:** la carne utilizada en este tipo de embutidos se cocina en su totalidad. La materia prima debe ser fresca para que el producto final contenga un buen sabor. En esta categoría se encuentran las morcillas y pate.
- **Crudos:** en estos embutidos se elaboran con carnes y grasas crudas, la carne a utilizar como materia prima no lleva ningún proceso de cocción, estos pueden ser sometidos a ahumado o maduración. Los embutidos crudos se pueden clasificar según el tiempo de conservación. Entre este tipo de producto se puede mencionar el chorizo y salami.

2.7.2. Aditivos alimentarios en embutidos

Los aditivos en productos cárnicos y sus derivados como lo son los embutidos, son utilizados como antioxidantes, antibacterianos, saborizantes, colorantes, aromatizantes y entre otras funciones para poder tener un producto final de calidad, manteniendo un producto fresco procesado cuidando su inocuidad (Tofiño Rivera et al., 2017).

En la industria se prefiere utilizar aditivos químicos, como nitritos, fosfatos, sales, entre otros. Debido a su efectiva, actividad para mantener el producto bien. Aunque en la actualidad se buscan alternativas naturales para la salud de los consumidores, por lo que, los aceites esenciales son una opción viable debido a sus propiedades y sus actividades antibacteriana y antioxidante. Estos productos naturales pueden lograr la misma acción microbicida que los

aditivos sintéticos disminuyendo el riesgo de enfermedades no infecciosas al consumidor (Burt, 2004).

2.7.3. Definición aditivo alimentario

Se define como un aditivo alimentario a cualquier sustancia que no se consume habitualmente como alimento por sí misma y tampoco se utiliza como ingrediente típico del alimento, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencional al alimento para un fin tecnológico en la fabricación, elaboración, tratamiento, envasado, empaque, transporte o almacenamiento (Ministerio de Salud y Asistencia social, 2005). Los aditivos alimentarios se agregan a los productos para mejorar su presentación y propiedades del alimento.

2.7.4. Conservantes

Un conservante es un aditivo alimentario que ayuda a mantener la estabilidad y sobre todo la frescura del producto alimenticio. Este ralentiza y evita la actividad de microorganismos patógenos, asimismo, podrían poner en riesgo la salud del consumidor.

La industria alimenticia prefiere en la actualidad utilizar conservantes químicos en embutidos cárnicos, son eficientes para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas. El nitrito de sodio es uno de los más utilizados dado que estabiliza el color del tejido magro de la carne, contribuye a las características del producto cárnico y posee actividad antibacteriana. Los extractos naturales pueden ser una alternativa viable a los aditivos sintéticos logrando la misma acción microbicida y disminución de riesgo de enfermedades en el consumidor. Los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y de clavo (*E.*

caryphyllanta) muestran actividad antioxidante, conservante y antibacteriana en derivados cárnicos (Tofiño Rivera et al., 2017).

2.7.5. Control microbiológico

Existen varias causas de contaminación que pueden deteriorar las propiedades físicas y químicas de los alimentos. De manera general, existen tres tipos principales de contaminación de alimentos: biológica, física y química (Garcinuño Martínez, 2017).

2.7.6. Detección de microorganismos en los alimentos

Se debe de evitar cualquier tipo de enfermedad que pueda ser causa de la presencia de bacterias patógenas en el alimento. Para esto se requieren diferentes análisis para detectarlos, existen pruebas y métodos microbiológicos que ayudan a identificar, caracterizar y enumerar los microorganismos.

Para los embutidos existe parámetros microbiológicos establecidos por el *Reglamento técnico centroamericano (RTCA 67.04.50:08 para alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos)*. Por lo tanto, el análisis de los extractos obtenidos de orégano y aplicados como biopelículas comestibles se realizará con base a las cepas bacterianas patógenas establecidas en el RTCA, las cuales son *Escherichia coli*, *Salmonella ssp* y *Listeria monocytogenes*.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Localización

La fase experimental del trabajo de investigación, la caracterización fisicoquímica y las pruebas microbiológicas realizadas después de su aplicación, se desarrollaron en las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Investigación de Productos Naturales LIPRONAT, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2. Variables

Símbolos a los que se les puede designar un valor en una fórmula, expresión o experimento. En el presente estudio de investigación se dividen en independientes y dependientes.

3.2.1. Variables independientes

Estas variables no cambiarán en el transcurso del experimento, dado que no se verán afectadas por ninguna otra variable presente en el estudio. Los resultados obtenidos dependerán de las variables independientes.

- Tipo de escala: laboratorio y planta piloto
- Tipo de extracto: fluido y seco

3.2.2. Variables dependientes

Son aquellas cuyo valor depende de las condiciones de otra variable, en este caso los variables dependientes dependerán de las variables independientes.

- Rendimiento extractivo de los extractos fluido y seco del orégano (*Lippia graveolens* HBK).
- Propiedades fisicoquímicas
 - Densidad
 - Índice de refracción
 - Solubilidad
 - Componentes activos: cromatografía de gases

- Análisis microbiológico
 - Conteo de microorganismos patógenos

3.3. Delimitación del campo de estudio

La investigación se delimitó y definió de acuerdo con la rama de estudio involucrada, esto facilitó su comprensión y ejecución. El enfoque del estudio fue obtener extractos naturales de la especia orégano (*Lippia graveolens* HBK), los cuales se caracterizaron fisicoquímicamente para su posterior evaluación como potencial conservante en la producción de embutidos, adicionándolos a películas comestibles aplicadas a dichos productos. Esto con el objetivo de encontrar alternativas naturales como uso de aditivos alimentarios, debido a que en la actualidad se han realizado diversos estudios para sustituir aditivos sintéticos o químicos por opciones naturales, reduciendo los efectos dañinos sobre los consumidores de los productos alimenticios que los requieren.

3.3.1. Obtención de materia prima

Se obtuvo un extracto fluido y un extracto seco a partir de la especia de orégano *Lippia graveolens* HBK, proveniente del corredor seco de Guatemala. Se extrajeron por dos tipos de escala, laboratorio y planta piloto.

El proceso de obtención de estos extractos naturales se realizó en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección de Química Industrial, del Centro de Investigaciones ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala, ubicada en la ciudad universitaria zona 12 capitalina.

3.4. Recursos humanos disponibles

- Investigadora: María Angela Polanco Alfaro
- Asesor: Ing. Qco. Mario José Mérida Meré, colegiado 1411
- Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales, colegiado 433

3.5. Recursos materiales disponibles

Los recursos materiales disponibles abarcan la materia prima:

- Instrumentación
- Equipo
- Cristalería
- Reactivos requeridos, para desarrollar adecuadamente la fase experimental del estudio de investigación.

3.5.1. Materia prima

- Materia vegetal orégano (*Lippia graveolens* HBK)

3.5.2. Instrumentación, equipo y cristalería

A continuación, se definirán los utensilios y equipo empleado para la obtención de los extractos de orégano.

Tabla I. **Instrumentación de medición, equipo y cristalería requerida**

Instrumentación	Balanza digital
	Cromatógrafo de gases (GC-MS)
	Picnómetro
	Refractómetro
	Termómetro
Equipo	Bomba de vacío
	Percoladores
	Marmita de acero inoxidable
	Plancha de calentamiento
	Plancha de agitación
	Secador de bandejas
	Balones de fondo redondo
	<i>Beackers</i>
	Erlenmeyers
	Frascos color ámbar
	Kitasato
	Pipetas
	Probetas
	Varillas de agitación

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Reactivos

- Etanol 95 %
- Etanol 70 %
- Agua desmineralizada

3.5.4. Material auxiliar

Se detalla el equipo de seguridad y otras herramientas, como materiales auxiliares requeridos durante la elaboración de la fase experimental.

Tabla II. **Equipo de seguridad y otros materiales requeridos**

Equipo de seguridad	Bata
	Cofia
	Gafas de seguridad
	Guantes de látex
	Guantes de calor
	Botas industriales
Otros	Bitácora
	Calculadora
	Computadora
	Impresora
	Lapiceros
	Papel filtro
	Papel (Hojas/cuadernos)
	Papel mayordomo
Recipientes de plástico	

Fuente: elaboración propia.

3.6. **Técnica cuantitativa y cualitativa**

Para el estudio de investigación se utilizará técnica cualitativa y cuantitativa. Para la obtención de extracto fluido y seco, así como la determinación de rendimiento extractivo, caracterización fisicoquímica y análisis microbiológico se aplicará una técnica cuantitativa, y una técnica cualitativa para las pruebas organolépticas del producto final.

3.6.1. Obtención de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) por el método de percolación, a escala laboratorio

- Limpiar la materia vegetal y se trituraron las hojas de orégano para una mejor obtención de extractos.
- Preparar una muestra utilizando 100 g de orégano.
- Humedecer la materia prima agregando 40 mL de etanol y dejar reposar por 30 minutos.
- Colocar la materia prima en el percolador (tiene que tener algodón como medio filtrante en la parte inferior), y llenar con etanol al 70 % hasta que la materia quede completamente cubierta.
- Dejar la percolación por 24 horas dejando la llave levemente abierta, de modo que caiga gota por gota.
- Rotavaporar hasta obtener una relación 1:1 para la concentración del extracto (100 g de orégano: 100 ml de extracto fluido).
- Almacenar en frascos color ámbar bajo refrigeración hasta su posterior uso.

3.6.2. Obtención de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), por el método de maceración dinámica a escala planta piloto

- Limpiar la materia vegetal
- Pesar la muestra de la materia vegetal (hojas de orégano)
- Verificar que la marmita de acero inoxidable y tuberías se encuentren limpios antes de utilizarlos, de lo contrario limpiarlos.
- Colocar en la marmita la cantidad a usar de la materia prima y agregar etanol al 95 %.
- Esperar a que se realice el proceso de extracción por 4 horas.
- Filtrar al vacío la solución obtenida de la extracción por maceración dinámica.
- Encender la caldera, y esperar a que la presión de el mismo alcance 100 psi.
- Agregar el extracto acuoso de orégano a la marmita de concentración y abrir la válvula que da paso al vapor.
- Al obtener una relación 1:1 finalizar el tiempo, y cerrar válvulas para el paso de vapor.

- Descargar el extracto obtenido en la marmita de concentración.
- Almacenar bajo refrigeración para su posterior uso.

3.6.3. Obtención de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), por el método de percolación a escala laboratorio

- Limpiar la materia vegetal y triturar las hojas de orégano para una mejor obtención de extractos.
- Preparar una muestra utilizando 100 g de orégano.
- Humedecer la materia prima agregando 40 mL de etanol y dejar reposar por 30 minutos.
- Proceder a colocar la materia prima en el percolador (tiene que tener algodón como medio filtrante en la parte inferior), y llenar con etanol al 70 % hasta que la materia quede completamente cubierta.
- Dejar la percolación por 24 horas dejando la llave levemente abierta, de modo que caiga gota por gota.
- Rotavaporar hasta obtener una relación 4:1 para la concentración del extracto (100 g de orégano: 25 ml de extracto).
- Colocar en un *beacker* una capa delgada del extracto rotavaporado y calentar en una plancha a 65 °C por 3 horas.

- Raspar el extracto seco de orégano que se forme en el *beacker* y pesar.
- Almacenar en recipientes herméticos y en refrigeración.

3.6.4. Obtención de extracto seco a partir de extracto acuoso de orégano (*Lippia graveolens* HBK), por el método de maceración dinámica a escala planta piloto

- Limpiar la materia vegetal
- Pesar la muestra de la materia vegetal (hojas de orégano)
- Verificar que la marmita de acero inoxidable y tuberías se encuentren limpios antes de utilizarlos, de lo contrario limpiarlos.
- Colocar en la marmita la cantidad a usar de la materia prima y se agregar etanol al 95 %.
- Esperar a que se realice el proceso de extracción por 4 horas.
- Filtrar al vacío la solución obtenida de la extracción por maceración dinámica.
- Encender la caldera, y esperar a que la presión de el mismo alcance 100 psi.
- Agregar el extracto acuoso de orégano a la marmita de concentración y abrir la válvula que da paso al vapor.

- Al obtener una relación 4:1 finalizar el tiempo, y cerrar válvulas para el paso de vapor.
- Descargar el extracto obtenido en la marmita de concentración.
- Pesarse el extracto obtenido y agregarlo en bandejas de aluminio para colocarlo en el secador eléctrico de bandejas.
- Encender el secador de bandejas y trabajar a una temperatura de 70 °C por 4 días.
- Sacar las bandejas y raspar el extracto seco de orégano formado en las mismas.
- Pesarse el extracto y almacenarlo en recipientes herméticos, bajo refrigeración.

3.6.5. Rendimiento extractivo

- Pesarse la muestra del material vegetal inicial
- Proceder a la obtención de extractos
- Pesarse el extracto final obtenido
- Determinar el porcentaje de rendimiento con respecto a la masa de materia prima inicial.

3.6.6. Caracterización fisicoquímica

Para llevar a cabo el análisis de las propiedades fisicoquímicas de los extractos de orégano, se determinó la densidad, índice de refracción y grado de solubilidad.

- Densidad

La densidad se tomará a temperatura ambiente

- Limpiar el picnómetro antes de utilizar con etanol y secar
- Tarar el picnómetro y anotar masa
- Agregar el extracto fluido recuperado al picnómetro utilizando una micropipeta.
- Pesar el picnómetro con la muestra.
- Determinar la densidad a partir de la relación de la masa/volumen.

- Índice de refracción

- Limpiar el prisma del refractómetro utilizando etanol al 95 %
- Agregar extracto obtenido al prisma con una micropipeta
- Encender la lámpara utilizando el interruptor y ajustar brillo para una mejor medición.
- Observar en el ocular y girar la perilla de compensación de color hasta que se tenga una visión definida, la mitad superior debe ser clara y la inferior oscura.
- Realizar la lectura del índice de refracción.
- Registrar la temperatura a la que se trabajó para obtener esta medición.

3.6.7. Aplicación de extractos en el embutido

Al obtener los extractos fluido y seco de orégano se procedió a adicionarlos en la formulación de un recubrimiento comestible aplicado a embutidos de chorizo sin la presencia de ningún aditivo.

3.6.7.1. Formulación del embutido

La formulación estará basada de acuerdo con lo límites permisibles según regulación RTCA 67.04.54.10 para productos cárnicos.

Tabla III. **Formulación de chorizo**

Ingredientes	Formulación
Carne de res	20 % (m/m)
Carne de cerdo	20 % (m/m)
Tocino	15 % (m/m)
Harina de trigo	5 % (m/m)
Sal	1.5 % (m/m)
Azúcar	0.3 % (m/m)
Cebolla	1.3 % (m/m)
Ajo	0.2 % (m/m)
Pimentón	0.2 % (m/m)
Condimentos	1 % (m/m)
Colorante carmín	0.01 % (m/m)
Hielo escarcha	14 % (m/m)

Fuente: Tofiño, et al. (2017). *Conservación microbiológica de embutido cárnico artesanal con aceites esenciales Eugenia caryophyllata y Thymus vulgaris.*

3.6.7.2. Formulación de película comestible añadiendo extractos de orégano para la conservación del embutido

A continuación, se presenta la formulación utilizada para la elaboración de películas comestibles a base de proteínas, adicionando extractos de orégano como un conservante natural.

Tabla IV. **Formulación de recubrimiento comestible con extracto fluido**

Ingredientes	Formulación
Colágeno	15 % (m/m)
Sorbitol	10 % (m/m)
Cera	2 % (m/m)
Ácido ascórbico	0.2 % (m/m)
Tween 20	20 % (m/m)
Agua	48.8 % (m/m)
Extracto fluido	4 % (m/m)

Fuente: Guzmán et al. (2015). *Elaboración de una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano.*

Tabla V. **Formulación de recubrimiento comestible con extracto seco**

Ingredientes	Formulación
Colágeno	15 % (m/m)
Sorbitol	10 % (m/m)
Cera	2 % (m/m)
Ácido ascórbico	0.2 % (m/m)
Tween 20	20 % (m/m)
Agua	50.3 % (m/m)
Extracto fluido	2.5 % (m/m)

Fuente: Guzmán et al. (2015). *Elaboración de una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano.*

3.6.7.2.1. Elaboración de películas comestibles

- Mezclar colágeno y sorbitol en agua destilada a agitación constante. Colocar la mezcla en baño de maría por 30 minutos a una temperatura de 90 °C.
- Adicionar la cera de abeja a la mezcla y mantener en baño de maría por 5 minutos más.
- Retirar del baño de María y adicionar el ácido ascórbico en agitación constante.
- Agregar Tween 20 y homogenizar con una agitación alta y constante, por 2 minutos.
- Dejar reposar durante 1 minuto. Y agregar el extracto de orégano a la mezcla con agitación constante.

3.6.7.3. Aplicación de la película comestible a los embutidos

- Tomar el embutido y sumergirlo en la solución formadora de película por un minuto. Sacarla y colgar la muestra durante 2 minutos para que escurra el exceso.
- Realizar una segunda inmersión rápida de 10 segundos y dejar escurrir por 5 minutos fuera de la solución a una temperatura ambiente.

- Colocar las muestras en bandejas de aluminio, sellarlas con papel film de cocina y colocarlas bajo refrigeración.

3.6.8. Análisis sensorial

- Para llevar a cabo el análisis sensorial se desarrolló una prueba hedónica de 5 puntos.
- Para determinar la aceptabilidad del producto la prueba se realizó a 25 personas al azar, por medio de una degustación del embutido con la película comestible realizada con cada extracto de orégano.

3.7. Recolección y ordenamiento de la información

Para recolectar y ordenar de una manera más eficaz, los datos tomados durante la fase experimental se realizó una serie de tablas, se encuentran ordenadas a partir del tipo de extracto obtenido y la escala que se utilizó para llevar a cabo el proceso de extracción.

Esta sección del diseño experimental facilitará la realización de los cálculos y obtención de resultados según los objetivos planteados.

Tabla VI. **Rendimiento de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) con método de percolación, a escala laboratorio**

Corrida	Masa de la muestra de orégano (g)	Masa extracto (g)	Rendimiento (porcentaje)
1	100.00	99.342	99.342
2	100.00	96.029	96.029
3	100.00	96.046	96.046

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Rendimiento de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) utilizando método de percolación, a escala laboratorio**

Corrida	Masa de la muestra de orégano (g)	Masa extracto acuoso (g)	Masa extracto seco (g)	Rendimiento (porcentaje)
1	100.00	23.559	4.922	4.922
2	100.00	25.294	6.969	6.969
3	100.00	23.971	4.242	4.242

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Rendimiento de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) con método maceración dinámica, a escala planta piloto**

Corrida	Masa de la muestra de orégano (kg)	Masa extracto (kg)	Rendimiento (porcentaje)
1	4.536	4.526	99.781
2	4.536	3.910	86.201
3	4.536	3.960	87.303

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Rendimiento de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) utilizando método de maceración dinámica, a escala planta piloto**

Corrida	Masa de la muestra de orégano (g)	Masa extracto acuoso (g)	Masa extracto seco (g)	Rendimiento (porcentaje)
1	4540.00	11012.00	164.00	3.612
2	4540.00	11005.00	203.00	4.471
3	4540.00	7867.00	199.00	4.383

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio**

Corrida	Masa extracto (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
1	1.048	0.999	1.049
2	1.053	0.999	1.054
3	0.988	1.044	0.946

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Corrida	Masa extracto (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad (g/mL)
1	0.996	0.999	0.997
2	0.899	1.044	0.861
3	0.871	0.999	0.872

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Índice de refracción de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio**

Corrida	Masa de la muestra extracto (g)	Índice de refracción
1	2.00	1.3604
2	2.00	1.3605
3	2.00	1.3649

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Índice de refracción de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), escala laboratorio**

Corrida	Masa de la muestra extracto (g)	Índice de refracción
1	2.00	1.3843
2	2.00	1.3837
3	2.00	1.3754

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Índice de refracción de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Corrida	Masa de la muestra extracto (g)	Índice de refracción
1	2.00	1.3912
2	2.00	1.3949
3	2.00	1.3991

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Índice de refracción de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Corrida	Masa de la muestra extracto (g)	Índice de refracción
1	2.00	1.4316
2	2.00	1.4236
3	2.00	1.4241

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Solubilidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio**

Solvente	Corrida	Solubilidad (g / 100 g solvente)
Etanol 95 %	1	11.104
	2	17.201
	3	18.298
Agua desmineralizada	1	7.067
	2	4.652
	3	7.395

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Solubilidad de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), escala laboratorio**

Solvente	Corrida	Solubilidad (g / 100 g solvente)
Etanol 95 %	1	0.250
	2	0.258
	3	0.245
Agua desmineralizada	1	0.188
	2	0.238
	3	0.156

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Solubilidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Solvente	Corrida	Solubilidad (g / 100 g solvente)
Etanol 95 %	1	100.000
	2	100.000
	3	100.000
Agua desmineralizada	1	6.826
	2	3.001
	3	3.118

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Solubilidad de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Solvente	Corrida	Solubilidad (g / 100 g solvente)
Etanol 95 %	1	0.757
	2	0.652
	3	0.832
Agua desmineralizada	1	0.067
	2	0.058
	3	0.121

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	12.508	23.215	Alcohol 3,5-Dimetilbencílico	27129-87-9
2	2.784	9.262	Ácido acético	64-19-7
3	2.884	8.361	1-Propanol	71-23-8
4	2.534	4.002	Urea	57-13-6
5	3.074	2.946	3,4-Diaminopiridina	54-96-6
6	39.993	2.538	Estigmasterol	83-48-7
7	14.793	1.709	Cariofileno	87-44-5
8	18.8	1.182	Óxido de Cariofileno	1139-30-6
9	41.219	1.127	Escualeno	111-02-4
10	12.197	0.511	Timol	89-83-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	12.473	25.724	2,3,5,6-Tetrametilfenol	527-35-5
2	37.918	10.501	Pinocembrina	480-39-7
3	38.803	10.073	β -Caroteno	7235-40-7
4	2.389	9.431	Ácido acético	64-19-7
5	41.219	3.175	trans-Farnesol	106-28-5
6	2.534	2.315	Cisamina	51-85-4
7	8.821	1.269	Terpinen-4-ol	562-74-3
8	14.783	1.117	Cariofileno	87-44-5
9	27.583	1.102	Ácido palmítico	57-10-3
10	16.524	1.093	4-terc-Butilcatecol	98-29-3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	37.853	50.516	Pinocembrina	480-39-7
2	12.378	7.310	Timol	89-83-8
3	41.639	4.907	β -Caroteno	7235-40-7
4	8.816	2.523	Terpinen-4-ol	562-74-3
5	20.586	1.968	β -Eudesmol	473-15-4
6	14.778	1.722	Cariofileno	87-44-5
7	30.805	1.485	Ácido 9,12,15-octadecatrienoico	463-40-1
8	27.584	1.458	Ácido palmítico	57-10-3
9	6.855	1.389	Linalool	78-70-6
10	41.194	1.359	Escualeno	111-02-4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), escala laboratorio, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	38.033	69.488	Pinocembrina	480-39-7
2	41.229	9.989	Escualeno	111-02-4
3	27.669	1.776	Ácido n-hexadecanoico	57-10-3
4	30.895	1.688	Ácido 9,12,15-octadecatrienoico	463-40-1
5	20.606	1.614	β -Eudesmol	473-15-4
6	24.267	1.373	Elemol	639-99-6
7	12.353	1.208	Timol	89-83-8
8	29.945	0.946	Fitol	150-86-7
9	25.568	0.685	2,5-Di-terc-butil-1,4-benzoquinona	2460-77-7
10	17.31	0.576	Timidina	50-89-5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), escala laboratorio, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	38.218	69.805	Pinocembrina	480-39-7
2	41.234	11.621	Escualeno	111-02-4
3	30.92	2.221	Ácido linolénico	463-40-1
4	27.689	1.963	Ácido palmítico	57-10-3
5	20.601	0.700	β -Eudesmol	473-15-4
6	31.325	0.619	Ácido esteárico	57-11-4
7	29.944	0.487	Fitol	150-86-7
8	17.309	0.473	8-Pentadecanona	818-23-5
9	12.363	0.414	Timol	89-83-8
10	5.035	0.194	β -Tujeno	28634-89-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), escala laboratorio, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	35.153	68.378	Pinocembrina	480-39-7
2	41.224	11.278	Escualeno	111-02-4
3	30.95	3.563	Ácido linolénico	463-40-1
4	27.694	2.489	Ácido palmítico	57-10-3
5	20.616	1.283	β -Eudesmol	473-15-4
6	29.995	1.207	Fitol	150-86-7
7	20.106	0.445	γ -Eudesmol	1209-71-8
8	17.315	0.389	Timidina	50-89-5
9	12.358	0.331	Timol	89-83-8
10	22.176	0.323	Duvatrienediol	7220-78-2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	40.144	28.771	Ácido hiodesoxicólico	83-49-8
2	39.513	16.992	Vitamina E	59-02-9
3	12.393	12.745	Timol	89-83-8
4	30.81	2.411	Cloruro de linoleoilo	7459-33-8
5	35.692	1.768	Acetato de androsterona	1482-78-6
6	43.165	1.656	Estigmasterol	83-48-7
7	27.579	1.583	Ácido palmítico	57-10-3
8	8.281	1.496	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
9	37.047	1.412	Estigmasterol	83-48-7
10	3.489	1.166	Ciclohexanona	108-94-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	40.209	33.364	Betulin	473-98-3
2	12.373	8.132	Timol	89-83-8
3	38.088	2.518	β -Caroteno	7235-40-7
4	37.492	2.269	16 α ,17 α -epoxiprogesterona	1097-51-4
5	35.742	1.756	Ácido quenodesoxicólico	474-25-9
6	22.847	1.604	2-Amino-3-hidroxipiridina	16867-03-1
7	8.241	1.528	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
8	27.559	1.516	Ácido palmítico	57-10-3
9	21.271	1.222	Metil β - D - glucopiranosido	709-50-2
10	28.484	1.146	Retinol	68-26-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	12.358	13.829	Timol	89-83-8
2	41.224	1.988	Ácido gibberélico	77-06-5
3	8.201	1.867	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
4	27.584	1.851	Ácido palmítico	57-10-3
5	21.186	1.751	β -Lactosa	5965-66-2
6	40.534	1.739	3-(acetiloxi)-16-hidroxi-14,15-epoxibufa-20,22-dienolida	4026-96-4
7	40.114	1.421	β -Caroteno	7235-40-7
8	3.449	1.345	5,5-dimetil-2(5H)-furanona	20019-64-1
9	3.359	1.259	Ciclohexanona	108-94-1
10	5.05	1.172	Eucaliptol	470-82-6

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	37.978	49.821	Pinocembrina	480-39-7
2	41.199	7.962	Escualeno	111-02-4
3	27.589	2.330	Ácido palmítico	57-10-3
4	30.805	2.253	Ácido linolénico	463-40-1
5	42.98	2.045	Acetonida de Triamcinolona	76-25-5
6	12.362	1.758	Timol	89-83-8
7	8.221	1.754	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
8	6.475	1.573	p,alfa-dimetilestireno	1195-32-0
9	11.022	1.510	2,3-dihidrobenzofurano	496-16-2
10	20.596	1.389	β -Eudesmol	473-15-4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	21.481	8.544	Metil β - D - glucopiranosido	709-50-2
2	22.211	5.794	Acetato de cicloartanol	4575-74-0
3	7.07	4.870	2-hidroxitiofenol	1121-24-0
4	8.236	3.947	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
5	6.455	3.106	p,alfa-dimetilestireno	1195-32-0
6	6.82	2.769	2-Butanotiol	513-53-1
7	35.562	2.174	Promecarb	2631-37-0
8	10.987	2.069	2,3-dihidrobenzofurano	496-16-2
9	40.299	1.950	5 α ,6 α -epoxi Colestanol	20230-22-2
10	3.374	1.732	Ciclohexanona	108-94-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Composición química obtenida por Cromatografía GC-MS de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	40.224	28.771	Δ 9-Tetrahidrocannabinol	55449-68-8
2	41.229	11.401	Escualeno	111-02-4
3	12.368	6.784	Timol	89-83-8
4	36.072	4.602	3,5-bis(trimetilsililoxi)benzoato de trimetilsililo	79314-27-5
5	37.513	3.055	Codeína	76-57-3
6	27.624	3.032	Ácido palmítico	57-10-3
7	36.807	3.026	Cedrol	77-53-2
8	16.494	2.746	4-terc-Butilpirocatequina	98-29-3
9	31.095	1.935	2-propenal, 3-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-	4951-40-0
10	29.945	1.582	Fitol	150-86-7

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Análisis sensorial, sobre las muestras del embutido elaborado, aplicando extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) como aditivo conservante**

Atributos sensoriales	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor					
Olor					
Color					
Textura					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Análisis sensorial, sobre las muestras del embutido elaborado, aplicando extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) como conservante**

Atributos sensoriales	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor					
Olor					
Color					
Textura					

Fuente: elaboración propia.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En seguida se presenta el ordenamiento y procesamiento de la información obtenida en el desarrollo de la investigación.

Tabla XXXIV. **Rendimiento de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) con el método de percolación, a escala laboratorio**

Tipo de extracto	Corrida	Rendimiento (porcentaje)	Promedio Rendimiento (porcentaje)	Desviación estándar
Fluido	1	99.342	97.139	1.908
	2	96.029		
	3	96.046		
Seco	1	4.922	5.378	1.419
	2	6.969		
	3	4.242		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Rendimiento de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) con método de maceración dinámica escala planta piloto

Tipo de extracto	Corrida	Rendimiento (porcentaje)	Promedio Rendimiento (porcentaje)	Desviación estándar
Fluido	1	99.692	91.013	7.536
	2	86.123		
	3	87.225		
Seco	1	3.612	4.156	0.473
	2	4.471		
	3	4.383		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio

Tipo de extracto	Corrida	Densidad (g/mL)	Promedio Densidad (g/mL)	Desviación estándar
Fluido	1	1.049	1.016	0.061
	2	1.054		
	3	0.946		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Tipo de extracto	Corrida	Densidad (g/mL)	Promedio Densidad (g/mL)	Desviación estándar
Fluido	1	0.997	0.910	0.075
	2	0.861		
	3	0.872		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Índice de refracción de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio**

Tipo de extracto	Corrida	Índice de refracción	Promedio Índice de refracción	Desviación estándar
Fluido	1	1.360	1.362	0.003
	2	1.361		
	3	1.365		
Seco	1	1.384	1.381	0.005
	2	1.384		
	3	1.375		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. Índice de refracción de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto

Tipo de extracto	Corrida	Índice de refracción	Promedio Índice de refracción	Desviación estándar
Fluido	1	1.391	1.395	0.004
	2	1.395		
	3	1.399		
Seco	1	1.432	1.426	0.004
	2	1.424		
	3	1.424		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. Solubilidad de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio

Tipo de extracto	Solvente	Corrida	Solubilidad (g / 100 g solv.)	Promedio Solubilidad (g / 100 g solv.)	Desviación estándar
Fluido	Etanol 95 %	1	11.104	15.534	3.876
		2	17.201		
		3	18.298		
	Agua desmineralizada	1	7.067	6.371	1.498
		2	4.652		
		3	7.395		
Seco	Etanol 95 %	1	0.250	0.251	0.007
		2	0.258		
		3	0.245		
	Agua desmineralizada	1	0.188	0.194	0.041
		2	0.238		
		3	0.156		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Solubilidad de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Tipo de extracto	Solvente	Corrida	Solubilidad (g / 100 g solv.)	Promedio Solubilidad (g / 100 g solv.)	Desviación estándar
Fluido	Etanol 95 %	1	100.00	100.00	0.00
		2	100.00		
		3	100.00		
	Agua desmineralizada	1	6.826	4.315	2.175
		2	3.001		
		3	3.118		
Seco	Etanol 95 %	1	0.757	0.747	0.090
		2	0.652		
		3	0.832		
	Agua desmineralizada	1	0.067	0.082	0.034
		2	0.058		
		3	0.121		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Análisis sensorial con prueba hedónica de 5 puntos sobre muestras de embutido, aplicando extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) como aditivo conservante**

Atributos sensoriales	Sabor	Olor	Color	Textura
Me disgusta mucho	0	0	1	0
Me disgusta	2	0	0	0
No me gusta ni me disgusta	9	10	6	3
Me gusta	14	11	13	16
Me gusta mucho	0	4	5	6
Total muestra encuestados	25	25	25	25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Análisis sensorial con prueba hedónica de 5 puntos sobre muestras de embutido, aplicando extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) como aditivo conservante**

Atributos sensoriales	Sabor	Olor	Color	Textura
Me disgusta mucho	1	0	1	0
Me disgusta	3	0	0	0
No me gusta ni me disgusta	10	11	9	3
Me gusta	9	11	11	20
Me gusta mucho	2	3	4	2
Total muestra encuestados	25	25	25	25

Fuente: elaboración propia.

3.9. Análisis estadístico

El análisis de datos estadísticos permitirá interpretar los resultados que se obtuvieron en la fase experimental del estudio de investigación. En el presente trabajo se realizó análisis estadístico ANOVA, para evaluar el efecto de la variabilidad entre los datos de cada tratamiento.

3.9.1. Diseño experimental

El diseño experimental constó de 12 unidades experimentales, se basó en las variables independientes, realizando 3 repeticiones. Para cada tipo de escala se obtuvo un extracto fluido y extracto seco, y cada extracto se evaluó por su rendimiento extractivo, caracterización fisicoquímica, y se realizó un análisis para su conocer su potencial conservante.

Tabla XLIV. **Determinación de número de unidades experimentales**

FACTORES	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de escala • Tipo de extracto 	NÚMERO DE FACTORES	2
NIVELES	Escala laboratorio Planta piloto	NÚMERO DE NIVELES	2
	Extracto fluido Extracto seco	NÚMERO DE NIVELES	2
NÚMERO DE TRATAMIENTOS		2*2 = 4	

NÚMERO DE REPETICIONES

Trabajando con una confianza del 95 % que equivale a la proporción de éxito y una proporción de fracaso de 5 % con un error máximo del 25 %.

$$N = \left(\frac{\left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right)^2 * (p * q)}{E^2} \right)^2$$

Donde:

N: Número de corridas

Z $\alpha/2$: Área bajo la curva con un nivel de confianza del 95 %

P: Probabilidad de éxito

Q: Probabilidad de fracaso

E: Error máximo

$$N = \frac{(1.97)^2 * (0.95 * 0.05)}{0.25^2} = 2.95$$

Aproximadamente 3 repeticiones.

TOTAL DE UNIDADES EXPERIMENTALES: 3*4= 12

Fuente: elaboración propia.

A partir de los cálculos realizados anteriormente se logró determinar las unidades experimentales adecuadas para el presente estudio de investigación.

3.9.2. Media aritmética

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

[Ec. 1]

Donde:

- \bar{X} : media aritmética
- x_i : dato obtenido
- w : número total de datos
- w_i : peso inicial del material vegetal triturado (g)

3.9.3. Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}$$

[Ec. 2]

Donde:

- σ^2 : varianza
- \bar{X} : media aritmética
- N : número de datos evaluados
- x_i : dato a evaluar.

3.9.4. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

[Ec. 3]

Donde:

- σ : desviación estándar
- \bar{X} : media aritmética
- N : número de datos evaluados
- x_i : dato a evaluar

3.9.5. Análisis de varianza (ANOVA)

El tratamiento estadístico de los datos será realizado un análisis de varianza (ANOVA) para un 95 % de confianza. Con este análisis se comprobarán las hipótesis planteadas.

$$S_2^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(x_{ij} - \bar{X}_i)^2}{h(n-1)}$$

[Ec. 4]

Donde:

- S_2^2 : media cuadrática
- n : número de repeticiones

- \bar{X}_i : media aritmética de la muestra
- x_{ij} : repetición j de la muestra i
- h : número de muestras
- $h(n - 1)$: grados de libertad

Ocurre una variación en las muestras y esto se puede describir por medio de la ecuación 5:

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{(h - 1)}$$

[Ec. 5]

Donde:

- S_1^2 : media cuadrática entre las muestras
- n : número de repeticiones
- \bar{X}_i : media aritmética de la muestra
- \bar{X} : media aritmética de todos los datos
- h : número de muestras
- $(h - 1)$: grados de libertad en las muestras

Se utiliza la siguiente ecuación para comprobar si la hipótesis nula o la hipótesis alternativa es la correcta, se logra a partir de la relación entre S_1^2 y S_2^2 .

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

[Ec. 6]

Donde:

- S_1^2 : media cuadrática entre las muestras
- S_2^2 : media cuadrática de la muestra

Al terminar de realizar el análisis estadístico ANOVA a los datos experimentales, se obtendrá como resultado una tabla con los siguientes valores:

Tabla XLV. **Tabulación de resultados obtenidos del análisis estadístico ANOVA**

Grupos	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Probabilidad	Valor crítico para F
n	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de las pruebas ayudaron a comparar las hipótesis planteadas para cada objetivo mediante el comparador de F de Fisher Snedecor a un nivel de significancia del 5 %. La conclusión se obtuvo comparando los valores de F de Fisher Snedecor y la F crítica a partir de los siguientes parámetros:

- $F < F_{cr}$, se acepta hipótesis nula, indicando que no existe diferencia significativa entre las variables analizadas.
- $F > F_{cr}$, se acepta hipótesis alterna, indicando que si existe diferencia significativa entre las variables analizadas.

3.9.6. Resultados obtenidos a partir del análisis estadístico ANOVA

A continuación, se presentan los resultados del análisis de varianza ANOVA para el presente trabajo de investigación.

Tabla XLVI. ANOVA para el porcentaje de rendimiento de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	56,2878	1	56.2878	1.8629	0.2440	7.7086
Dentro de los grupos	120,8587	4	30.2147			
Total	177,1466	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. ANOVA para densidad de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala, laboratorio y planta piloto

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0169	1	0.0169	3.6014	0.1306	7.7086
Dentro de los grupos	0,0188	4	0.0047			
Total	0,0357	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. ANOVA para índice de refracción de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala, laboratorio y planta piloto

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0016	1	0.0016	148.1758	0.0003	7.7086
Dentro de los grupos	4.45E-05	4	1.11E-05			
Total	0.0017	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. ANOVA para la solubilidad de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en etanol al 95 % en función de la escala, laboratorio y planta piloto

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10701.6733	1	10701.6733	1424.8245	0.0000	7.7086
Dentro de los grupos	30.0435	4	7.5109			
Total	10731.7168	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **ANOVA para la solubilidad de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en agua desmineralizada en función de la escala, laboratorio y planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6.3436	1	6.3436	1.8185	0.2488	7.7086
Dentro de los grupos	13.9533	4	3.4883			
Total	20.2969	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **ANOVA para el porcentaje de rendimiento de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.2412	1	2.2412	2.0027	0.2299	7.7086
Dentro de los grupos	4.4763	4	1.1191			
Total	6.7175	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **ANOVA para índice de refracción de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala, laboratorio y planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0031	1	0.0031	137.3350	0.0003	7.7086
Dentro de los grupos	8.97E-05	4	2.24E-05			
Total	0.0032	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **ANOVA para la solubilidad de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en etanol al 95 % en función de la escala, laboratorio y planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.3690	1	0.3690	89.8087	0.0007	7.7086
Dentro de los grupos	0.0164	4	0.0041			
Total	0.3855	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **ANOVA para la solubilidad de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en agua desmineralizada en función de la escala, laboratorio y planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0188	1	0.0188	13.1168	0.0223	7.7086
Dentro de los grupos	0.0057	4	0.0014			
Total	0.0246	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **ANOVA del porcentaje de rendimiento en función de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) a escala planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11316.3542	1	11316.3542	396.9765	3.74E-05	7.7086
Dentro de los grupos	114.0254	4	28.5064			
Total	11430.3797	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **ANOVA del índice de refracción en función de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) a escala planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0031	1	0.0031	137.3350	0.0003	7.7086
Dentro de los grupos	8.97E-05	4	2.24E-05			
Total	3.17E-03	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **ANOVA para la solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en etanol al 95 % a escala planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	14776.7370	1	14776.7370	3615103.8565	0.0000	7.7086
Dentro de los grupos	0.0164	4	0.0041			
Total	14776.7534	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **ANOVA para la solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en agua desmineralizada a escala planta piloto**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	26.8774	1	26.8774	11.3564	0.0280	7.7086
Dentro de los grupos	9.4668	4	2.3667			
Total	36.3443	5				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **ANOVA de la característica de sabor de la prueba de aceptabilidad a muestras de embutido (chorizo)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0	1	0	0	1	5.3177
Dentro de los grupos	226	8	28.25			
Total	226	9				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **ANOVA de la característica de olor de la prueba hedónica a muestras de embutido (chorizo)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0	1	0	0	1	5.3177
Dentro de los grupos	238	8	29.75			
Total	238	9				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **ANOVA de la característica de color de la prueba hedónica a muestras de embutido (chorizo)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0	1	0	0	1	5.3177
Dentro de los grupos	200	8	25			
Total	200	9				

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **ANOVA de la característica de textura de la prueba hedónica a muestras de embutido (chorizo)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2	1	2	0.0266	0.8758	5.9874
Dentro de los grupos	451.50	6	75.25			
Total	453.50	7				

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Rendimiento extractivo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el rendimiento de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) a escala laboratorio y planta piloto.

Tabla LXIII. Rendimiento de extractos provenientes de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio

Tipo de extracto	Rendimiento (porcentaje)
Extracto Fluido	97.139 ± 1.908
Extracto Seco	5.378 ± 1.419

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. Rendimiento de extractos provenientes de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto

Tipo de extracto	Rendimiento (porcentaje)
Extracto Fluido	91.013 ± 7.536
Extracto Seco	4.156 ± 0.473

Fuente: elaboración propia.

4.2. Caracterización fisicoquímica

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las propiedades fisicoquímicas analizadas de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) a escala laboratorio y planta piloto.

Tabla LXV. **Densidad de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio y planta piloto**

Tipo de escala	Densidad (g/mL)
Laboratorio	1.016 ± 0.061
Planta piloto	0.910 ± 0.075

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Índice de refracción de extractos provenientes de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio**

Tipo de extracto	Índice de refracción
Extracto Fluido	1.362 ± 0.003
Extracto Seco	1.381 ± 0.005

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVII. **Índice de refracción de extractos provenientes de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Tipo de extracto	Índice de refracción
Extracto Fluido	1.395 ± 0.004
Extracto Seco	1.426 ± 0.004

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVIII. **Solubilidad de extractos provenientes de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio**

Tipo de extracto	Solvente	Solubilidad (g / 100 g solv.)
Extracto Fluido	Etanol 95 %	1.534 ± 3.876
	Agua desmineralizada	6.371 ± 1.498
Extracto Seco	Etanol 95 %	0.251 ± 0.007
	Agua desmineralizada	0.194 ± 0.041

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIX. **Solubilidad de extractos provenientes de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto**

Tipo de extracto	Solvente	Solubilidad (g / 100 g solv.)
Extracto Fluido	Etanol 95 %	100.00 ± 0.00
	Agua desmineralizada	4.315 ± 2.175
Extracto Seco	Etanol 95 %	0.747 ± 0.090
	Agua desmineralizada	0.082 ± 0.034

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. **Componentes químicos mayoritarios de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	12.508	23.215	Alcohol 3,5-Dimetilbencílico	27129-87-9
2	2.784	9.262	Ácido acético	64-19-7
3	2.884	8.361	1-Propanol	71-23-8
4	2.534	4.002	Urea	57-13-6
5	3.074	2.946	3,4-Diaminopiridina	54-96-6
6	39.993	2.538	Estigmasterol	83-48-7
7	14.793	1.709	Cariofileno	87-44-5
8	18.8	1.182	Óxido de Cariofileno	1139-30-6
9	41.219	1.127	Escualeno	111-02-4
10	12.197	0.511	Timol	89-83-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. **Componentes químicos mayoritarios de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	12.473	25.724	2,3,5,6-Tetrametilfenol	527-35-5
2	37.918	10.501	Pinocembrina	480-39-7
3	38.803	10.073	β -Caroteno	7235-40-7
4	2.389	9.431	Ácido acético	64-19-7
5	41.219	3.175	trans-Farnesol	106-28-5
6	2.534	2.315	Cisamina	51-85-4
7	8.821	1.269	Terpinen-4-ol	562-74-3
8	14.783	1.117	Cariofileno	87-44-5
9	27.583	1.102	Ácido palmítico	57-10-3
10	16.524	1.093	4-terc-Butilcatecol	98-29-3

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. **Componentes químicos mayoritarios de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	37.853	50.516	Pinocembrina	480-39-7
2	12.378	7.310	Timol	89-83-8
3	41.639	4.907	β -Caroteno	7235-40-7
4	8.816	2.523	Terpinen-4-ol	562-74-3
5	20.586	1.968	β -Eudesmol	473-15-4
6	14.778	1.722	Cariofileno	87-44-5
7	30.805	1.485	Ácido 9,12,15-octadecatrienoico	463-40-1
8	27.584	1.458	Ácido palmítico	57-10-3
9	6.855	1.389	Linalool	78-70-6
10	41.194	1.359	Escualeno	111-02-4

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. **Componentes químicos mayoritarios de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	38.033	69.488	Pinocembrina	480-39-7
2	41.229	9.989	Escualeno	111-02-4
3	27.669	1.776	Ácido n-hexadecanoico	57-10-3
4	30.895	1.688	Ácido 9,12,15-octadecatrienoico	463-40-1
5	20.606	1.614	β -Eudesmol	473-15-4
6	24.267	1.373	Elemol	639-99-6
7	12.353	1.208	Timol	89-83-8
8	29.945	0.946	Fitol	150-86-7
9	25.568	0.685	2,5-Di-terc-butyl-1,4-benzoquinona	2460-77-7
10	17.31	0.576	Timidina	50-89-5

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Componentes químicos mayoritarios de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	38.218	69.805	Pinocembrina	480-39-7
2	41.234	11.621	Escualeno	111-02-4
3	30.92	2.221	Ácido linolénico	463-40-1
4	27.689	1.963	Ácido palmítico	57-10-3
5	20.601	0.700	β -Eudesmol	473-15-4
6	31.325	0.619	Ácido esteárico	57-11-4
7	29.944	0.487	Fitol	150-86-7
8	17.309	0.473	8-Pentadecanona	818-23-5
9	12.363	0.414	Timol	89-83-8
10	5.035	0.194	β -Tujeno	28634-89-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXV. **Componentes químicos mayoritarios de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala laboratorio, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	35.153	68.378	Pinocembrina	480-39-7
2	41.224	11.278	Escualeno	111-02-4
3	30.95	3.563	Ácido linolénico	463-40-1
4	27.694	2.489	Ácido palmítico	57-10-3
5	20.616	1.283	β -Eudesmol	473-15-4
6	29.995	1.207	Fitol	150-86-7
7	20.106	0.445	γ -Eudesmol	1209-71-8
8	17.315	0.389	Timidina	50-89-5
9	12.358	0.331	Timol	89-83-8
10	22.176	0.323	Duvatrienediol	7220-78-2

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Componentes químicos mayoritarios de extracto fluido
proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK),
a escala planta piloto, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	40.144	28.771	Ácido hiodesoxicólico	83-49-8
2	39.513	16.992	Vitamina E	59-02-9
3	12.393	12.745	Timol	89-83-8
4	30.81	2.411	Cloruro de linoleoilo	7459-33-8
5	35.692	1.768	Acetato de androsterona	1482-78-6
6	43.165	1.656	Estigmasterol	83-48-7
7	27.579	1.583	Ácido palmítico	57-10-3
8	8.281	1.496	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
9	37.047	1.412	Estigmasterol	83-48-7
10	3.489	1.166	Ciclohexanona	108-94-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVII. **Componentes químicos mayoritarios de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	40.209	33.364	Betulin	473-98-3
2	12.373	8.132	Timol	89-83-8
3	38.088	2.518	β -Caroteno	7235-40-7
4	37.492	2.269	16 α ,17 α -epoxiprogesterona	1097-51-4
5	35.742	1.756	Ácido quenodesoxicólico	474-25-9
6	22.847	1.604	2-Amino-3-hidroxipiridina	16867-03-1
7	8.241	1.528	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
8	27.559	1.516	Ácido palmítico	57-10-3
9	21.271	1.222	Metil β - D - glucopiranosido	709-50-2
10	28.484	1.146	Retinol	68-26-8

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Componentes químicos mayoritarios de extracto fluido proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	12.358	13.829	Timol	89-83-8
2	41.224	1.988	Ácido gibberélico	77-06-5
3	8.201	1.867	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
4	27.584	1.851	Ácido palmítico	57-10-3
5	21.186	1.751	β -Lactosa	5965-66-2
6	40.534	1.739	3-(acetiloxi)-16-hidroxi-14,15-epoxibufa-20,22-dienolida	4026-96-4
7	40.114	1.421	β -Caroteno	7235-40-7
8	3.449	1.345	5,5-dimetil-2(5H)-furanona	20019-64-1
9	3.359	1.259	Ciclohexanona	108-94-1
10	5.05	1.172	Eucaliptol	470-82-6

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIX. **Componentes químicos mayoritarios de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 1**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	37.978	49.821	Pinocembrina	480-39-7
2	41.199	7.962	Escualeno	111-02-4
3	27.589	2.330	Ácido palmítico	57-10-3
4	30.805	2.253	Ácido linolénico	463-40-1
5	42.98	2.045	Acetonida de Triamcinolona	76-25-5
6	12.362	1.758	Timol	89-83-8
7	8.221	1.754	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
8	6.475	1.573	p,alfa-dimetilestireno	1195-32-0
9	11.022	1.510	2,3-dihidrobenzofurano	496-16-2
10	20.596	1.389	β -Eudesmol	473-15-4

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. **Componentes químicos mayoritarios de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 2**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	21.481	8.544	Metil β- D - glucopiranosido	709-50-2
2	22.211	5.794	Acetato de cicloartanol	4575-74-0
3	7.07	4.870	2-hidroxitiofenol	1121-24-0
4	8.236	3.947	Hidroxidihidromaltol	28564-83-2
5	6.455	3.106	p,alfa-dimetilestireno	1195-32-0
6	6.82	2.769	2-Butanotiol	513-53-1
7	35.562	2.174	Promecarb	2631-37-0
8	10.987	2.069	2,3-dihidrobenzofurano	496-16-2
9	40.299	1.950	5α,6α-epoxi Colestanol	20230-22-2
10	3.374	1.732	Ciclohexanona	108-94-1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXI. **Componentes químicos mayoritarios de extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK), a escala planta piloto, repetición 3**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (porcentaje)	Componente químico	Número CAS
1	40.224	28.771	Δ 9-Tetrahidrocannabinol	55449-68-8
2	41.229	11.401	Escualeno	111-02-4
3	12.368	6.784	Timol	89-83-8
4	36.072	4.602	3,5-bis(trimetilsililo)benzoato de trimetilsililo	79314-27-5
5	37.513	3.055	Codeína	76-57-3
6	27.624	3.032	Ácido palmítico	57-10-3
7	36.807	3.026	Cedrol	77-53-2
8	16.494	2.746	4-terc-Butilpirocatequina	98-29-3
9	31.095	1.935	2-propenal, 3-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-	4951-40-0
10	29.945	1.582	Fitol	150-86-7

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis microbiológico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis microbiológico realizado a las muestras de chorizo con la aplicación de una biopelícula comestible con extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) como aditivo conservante.

Tabla LXXXII. **Análisis microbiológico del chorizo elaborado con la aplicación de biopelículas comestibles formuladas con extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**

Parámetro	Resultado (UFC/g)	Límite máximo permitido según RTCA (UFC/g)
Coliformes totales	3.5 x10 ⁵	No presenta límites
Coliformes fecales	3.5 x10 ⁵	No presenta límites
Escherichia coli	3.5 x10 ⁵	10 ²
Salmonella ssp	Ausencia	Ausencia
Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIII. **Análisis microbiológico del chorizo elaborado con la aplicación de biopelículas comestibles formuladas con extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**

Parámetro	Resultado (UFC/g)	Límite máximo permitido según RTCA (UFC/g)
Coliformes totales	<10	No presenta límites
Coliformes fecales	<10	No presenta límites
Escherichia coli	<10	10 ²
Salmonella ssp	Ausencia	Ausencia
Listeria monocytogenes	Presencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

4.4. Análisis sensorial

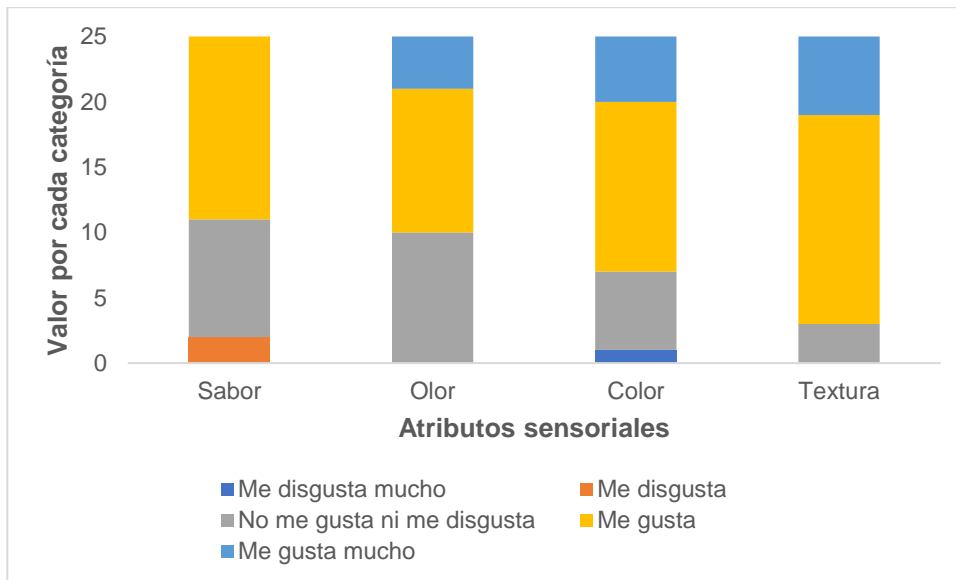
A continuación, se presentan tablas y figuras con los resultados obtenidos en la prueba hedónica de 5 puntos, fue realizada a una muestra de 25 personas sobre el embutido elaborado con la aplicación de extracto fluido y extracto seco proveniente de orégano (*Lippia graveolens* HBK) como aditivo conservante en la biopelícula comestible.

Tabla LXXXIV. **Análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**

Atributos sensoriales	Sabor	Olor	Color	Textura
Me disgusta mucho	0	0	1	0
Me disgusta	2	0	0	0
No me gusta ni me disgusta	9	10	6	3
Me gusta	14	11	13	16
Me gusta mucho	0	4	5	6
Total de encuestados	25	25	25	25

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Resultado gráfico del análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**



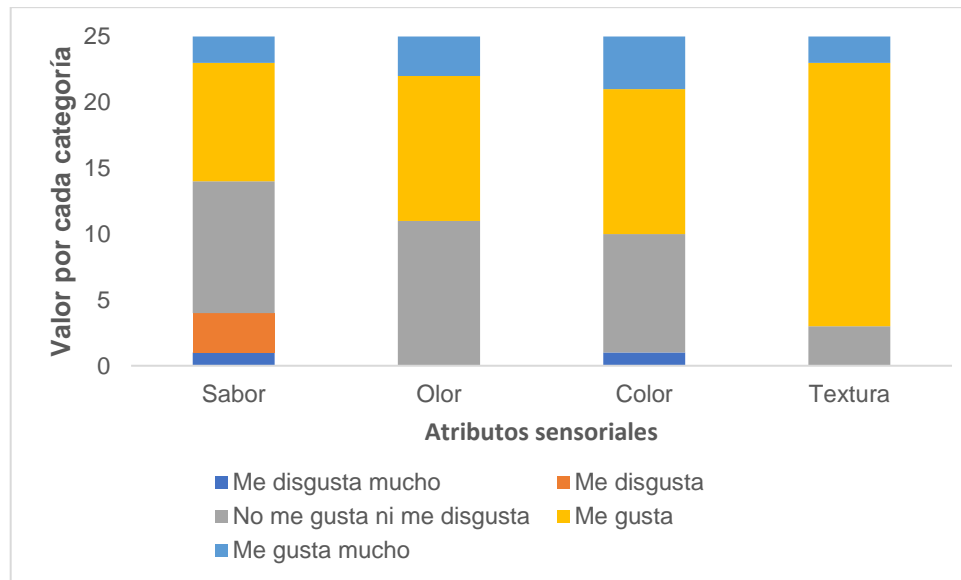
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXV. **Análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**

Atributos sensoriales	Sabor	Olor	Color	Textura
Me disgusta mucho	1	0	1	0
Me disgusta	3	0	0	0
No me gusta ni me disgusta	10	11	9	3
Me gusta	9	11	11	20
Me gusta mucho	2	3	4	2
Total de encuestados	25	25	25	25

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Resultado gráfico del análisis sensorial sobre las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK)**



Fuente: elaboración propia.

4.5. Análisis estadístico (Anova)

A continuación, se presenta un resumen del análisis de varianza (Anova) con su respectiva prueba de hipótesis.

Tabla LXXXVI. **Resumen del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas de los extractos de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función de la escala**

Análisis de Hipótesis referente a		Diferencia significativa	
		No existe	Si existe
Rendimiento de extracto de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto.	Extracto fluido	X	
	Extracto seco	X	
Densidad de extracto de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto.	Extracto fluido	X	
Índice de refracción de extracto de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en función de la escala laboratorio y planta piloto	Extracto fluido		X
	Extracto seco		X
Solubilidad de extracto de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en etanol al 95 % en función de la escala laboratorio y planta piloto.	Extracto fluido		X
	Extracto seco		X
Solubilidad de extracto de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en agua desmineralizada en función de la escala laboratorio y planta piloto	Extracto fluido	X	
	Extracto seco		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVII. **Resumen del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas en función de los extractos de orégano (*Lippia graveolens* HBK) a escala planta piloto**

Análisis de Hipótesis referente a	Diferencia significativa	
	No existe	Si existe
Rendimiento en función de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) a escala planta piloto.		X
Índice de refracción en función de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) a escala planta piloto.		X
Solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en etanol al 95 % a escala planta piloto.		X
Solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK) en agua desmineralizada a escala planta piloto.		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVIII. **Resumen del análisis estadístico de la aceptabilidad de las muestras de chorizo**

Análisis de Hipótesis referente a	Diferencia significativa	
	No existe	Si existe
Relación entre la aceptabilidad de las muestras de chorizo con biopelícula comestible formulada con extracto fluido y extracto seco orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK).	Sabor	X
	Olor	X
	Color	X
	Textura	X

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se evaluó el rendimiento del extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), en función de la escala de obtención, y su caracterización fisicoquímica para aplicarlos como aditivos conservantes en la producción de embutidos. Luego, se midió la aceptación del público al chorizo realizado con biopelículas comestibles a las que se les adicionó los extractos de orégano como conservantes, a través de una prueba hedónica de 5 puntos.

Para llevar a cabo el estudio se utilizó la hoja de orégano (*Lippia graveolens* HBK). Como pretratamiento se realizó la molienda con el fin de reducir el tamaño de las partículas de la materia prima y facilitar el contacto entre el solvente y el sólido. Para obtener los extractos fluido y seco de orégano se realizó una extracción sólido-líquido.

A escala laboratorio se usó el método de percolación y para la escala planta piloto la extracción se llevó a cabo por maceración dinámica, en ambos se utilizó etanol como solvente extractivo. Para la obtención de extracto fluido se realizó una concentración controlada al vacío hasta conseguir una relación de 1:1, es decir que por cada gramo de materia prima se obtuvo un gramo de extracto.

En el caso del extracto seco se concentró al vacío hasta alcanzar una relación materia prima-extracto de 4:1, luego se procedió a secar para reducir la cantidad de solvente aún presente y de esta manera conseguir el resultado de un polvo concentrado.

El rendimiento extractivo del extracto fluido y extracto seco de orégano obtenidos a escala laboratorio y planta piloto se pueden observar en las tablas LXIII y LXIV respectivamente. El porcentaje de rendimiento para el extracto fluido a escala laboratorio fue de 97.139 ± 1.908 % y para el extracto seco de 5.378 ± 1.419 % en la misma escala. Para la obtención de extracto fluido en planta piloto el porcentaje de rendimiento fue de 91.013 ± 7.536 % y para el extracto seco de 4.156 ± 0.473 %. Siendo el extracto fluido el que obtuvo un mayor porcentaje de rendimiento debido a que su relación de concentración se encuentra ya en una proporción establecida de materia prima-extracto. Por otra parte, el extracto seco de orégano obtuvo el menor rendimiento extractivo a consecuencia de que se separó el solvente, teniendo como resultado final un producto de partículas sólidas cristalizadas.

En la escala laboratorio se obtuvo un mayor porcentaje de rendimiento tanto del extracto fluido como del extracto seco de orégano a comparación de lo obtenido en planta piloto, esto debido a que se trabajó con menores cantidades y hace que el proceso sea más controlado. Se realizó un análisis de varianza Anova para comparar el rendimiento extractivo de los extractos de orégano en función de la escala de obtención, por lo que, se observa un resumen en la tabla LXXVIII, en donde se indica que no existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción de extracto fluido y extracto seco de orégano en función de la escala laboratorio y planta piloto. Sin embargo, en la tabla LXXIX se indica que estadísticamente si existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo en función de los extractos de orégano, teniendo el extracto fluido un rendimiento de 91.013 ± 7.536 % y el extracto seco de 4.156 ± 0.473 %, ambos obtenidos en planta piloto.

La caracterización fisicoquímica de los extractos fluido y seco de orégano obtenidos a escala laboratorio y también planta piloto, se realizó a partir de la

determinación de la densidad, índice de refracción, solubilidad a temperatura ambiente en etanol y en agua desmineralizada, asimismo, se identificaron los componentes químicos mayoritarios presentes en los extractos de orégano por medio de una cromatografía de gases con acoplamiento de espectrometría de masas GC-MS.

En la tabla LXV se evalúa la densidad del extracto fluido de orégano en función de la escala de trabajo, en donde se observa que la mayor densidad corresponde al extracto fluido obtenido a escala laboratorio con un valor de 1.016 ± 0.061 g/mL. Mientras que la densidad para el extracto fluido obtenido en planta piloto fue de 0.910 ± 0.075 g/mL, las masas de las moléculas presentes en el extracto influyen en la densidad del mismo. Al proceder con un anova mostrado en la tabla XLVII y el resumen estadístico de la tabla LXXVIII, se determinó que no existe diferencia significativa entre la densidad media del extracto fluido obtenido a escala laboratorio y planta piloto.

El índice de refracción se determinó para los extractos fluido y seco de orégano, en la tabla LXVI se presentan los valores para los extractos obtenidos a escala laboratorio, se puede observar que el extracto seco tuvo un índice de refracción más alto con un valor de 1.381 ± 0.005 , mientras que el de extracto fluido fue de 1.362 ± 0.003 . En la tabla LXVII se observa el índice de refracción para los extractos fluido y seco de orégano en planta piloto, de igual forma, el valor del índice de refracción para el extracto seco es mayor que el del extracto fluido siendo: 1.426 ± 0.004 y 1.395 ± 0.004 , respectivamente.

El extracto seco obtuvo un índice de refracción más alto, debido a que fue sometido a un proceso de cristalización y se encontraba más concentrado. Por otra parte, el índice de refracción del extracto fluido es muy similar al del etanol, según la bibliografía es de 1.361, esto pudo ocurrir debido a que la

relación de concentración del extracto fluido es 1:1 materia prima-extracto en donde el solvente (etanol), se encuentra en una proporción considerable en el extracto final.

Por medio de un análisis de varianza anova, se demostró estadísticamente que, si existe diferencia significativa en el índice de refracción tanto en el extracto fluido como en el extracto seco de orégano en función de la escala laboratorio y planta piloto, teniendo en cuenta que en el análisis para ambos extractos el valor-P es menor a 0.05, esto se observa en el resumen del análisis estadístico de la tabla LXXVIII. Además, se realizó otro análisis de varianza entre los extractos para comparar el valor del índice de refracción en función del tipo de extracto, en la tabla LXXIX se muestra un resumen, en donde, se determina que estadísticamente también hay una diferencia significativa del índice de refracción en función del extracto fluido y extracto seco de orégano.

La tabla LXVIII muestra los valores de la solubilidad a temperatura ambiente del extracto fluido y extracto seco de orégano a escala laboratorio y la tabla LXIX contiene la solubilidad para los mismos extractos de orégano obtenidos en planta piloto, los datos se presentan como gramos de extracto por 100 g de solvente. Utilizando como solvente etanol al 95 % la solubilidad del extracto fluido y extracto seco de orégano a escala laboratorio fue baja siendo de 1.534 ± 3.876 g y 0.251 ± 0.007 g respectivamente.

A escala planta piloto la solubilidad para el extracto seco fue de 0.747 ± 0.090 g y para el extracto fluido de 100.00 ± 0.00 g, siendo para este último la solubilidad más alta en etanol al 95 % esto se debe a que como solvente de extracción en planta piloto se utilizó etanol al 95 % mientras que para la escala laboratorio se usó etanol al 70 %. La solubilidad en agua desmineralizada fue

muy baja para ambos extractos en las dos escalas de extracción, sin embargo, el extracto fluido obtuvo una mayor solubilidad que el extracto seco.

La solubilidad de extracto fluido y extracto seco a escala laboratorio en agua desmineralizada fue de 6.371 ± 1.498 g y 0.194 ± 0.041 g respectivamente. Para planta piloto se presentó un valor de 4.315 ± 2.175 g para extracto fluido y de 0.082 ± 0.034 g para el extracto seco. Estadísticamente se demostró por medio de un análisis de varianza que existe diferencia significativa en la solubilidad de ambos extractos en función de la escala de trabajo, esto se observa en la tabla LXXVIII.

Los componentes químicos mayoritarios del extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) determinados a partir de una cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), se encuentran de la tabla LXX a la tabla LXXIII. Para las muestras a escala laboratorio y planta piloto de extracto fluido de orégano se obtuvo como uno de los componentes químicos mayoritarios el timol con un porcentaje de área de 13.829 %, definido como un derivado fenólico de los monoterpenos, asimismo, tuvo presencia de tetraterpenos como caroteno con 10.073 % y de sesquiterpenos como cariofileno, en donde el cariofileno es bicíclico, mostrando un porcentaje de área de 1.722 %.

Por otro lado, el extracto seco de orégano a escala laboratorio y planta piloto mostró la presencia de flavonoides como pinocembrina, con un porcentaje de área de 49.821 %, sesquiterpenos como escualeno con 7.962 %, seguido de ácidos grasos como ácido palmítico y ácido linolénico los cuales añaden propiedades antimicrobianos y antioxidantes con un porcentaje de área 2.330 % y 2.253 % de respectivamente.

Los extractos fluido y seco de orégano obtenidos en planta piloto presentaron timol como componente químico mayoritario según el porcentaje de área, siendo de 13.829 % para el extracto fluido, presentando un mayor porcentaje de área, mientras que para el extracto seco fue de 6.784 %. Por lo tanto, se ha encontrado que la composición química de ambos extractos fue de tipo aromático, donde los componentes activos identificados son de naturaleza terpénica, monoterpenos y sesquiterpenos.

Se realizaron biopelículas comestibles formuladas con cada extracto de orégano (*Lippia graveolens* HBK), las cuales fueron aplicadas en la producción de embutidos. Se preparó chorizo sin ningún aditivo conservante al que se le aplicó la biopelícula comestible realizada previamente, esta actuaría como una barrera manteniendo las características del embutido durante su almacenamiento evitando la formación de colonia de bacterias, de esta manera se determinó el efecto conservante del extracto de orégano en los embutidos.

En las tablas LXXIV y LXXV se encuentran los análisis microbiológicos de las muestras de chorizo elaborado con las biopelículas formuladas con extractos de orégano. Para el chorizo con biopelícula comestible elaborada con extracto fluido de orégano se tuvo presencia de *Escherichia coli*, se determinó que el valor obtenido es mayor que el límite máximo permisible indicado en el RTCA. Mientras que las muestras de chorizo con biopelícula formulada con el extracto seco de orégano satisfacen los requisitos de inocuidad establecidos por el RTCA a excepción del microorganismo patógeno *Listeria monocytogenes*, pues tuvo presencia en la muestra.

La presencia de estos microorganismos patógenos en las muestras sugiere una posible contaminación en la manipulación de los embutidos previo a la aplicación de las biopelículas comestibles.

Ambos extractos de orégano: extracto fluido y extracto seco, tuvieron actividad biológica, a pesar de ello, el extracto seco de orégano presentó una mayor actividad antibacteriana cumpliendo con lo establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), producto de la concentración que conlleva este extracto, donde el principio activo ayuda a actuar de manera directa contra las colonias bacterianas.

En la prueba hedónica de 5 puntos se determinó la aceptabilidad del chorizo con biopelícula comestible formulada con extractos de orégano, la cual fue realizada a un panel de 25 jueces al azar. En la tabla LXXVI y figura 14 se presentan los resultados para la muestra de chorizo con la aplicación de extracto fluido de orégano, cuya cualidad con mayor aceptación fue la textura puesto que se obtuvo la mayor cantidad de me gusta mucho, seguido del color. En cuanto al sabor y olor que son las características más importantes tuvieron una aceptabilidad moderada de parte de los jueces, ya que la mayoría indicó que solo les gustaba y la otra parte que no les gustaba, pero tampoco les disgustaba.

Para las muestras de chorizo con biopelícula comestible con extracto seco de orégano se muestran los resultados de la prueba sensorial en la tabla LXXVII y figura 15, en donde se puede observar, que la textura ha sido la que obtuvo una mayor aceptación al igual que las muestras de chorizo con extracto fluido, seguido del olor el cual también tuvo una gran aceptabilidad. El sabor tuvo un resultado variado, a algunos les disgustó y a otros les gustó, pero la mayoría indicó que el sabor les parecía indiferente, esto debido a la concentración del extracto seco que hacía que el embutido tuviera un sabor más fuerte a comparación de la muestra con extracto fluido.

Se realizó un análisis de varianza para comparar la aceptación del sabor, olor, color y textura de las muestras de chorizo en función del extracto de orégano adicionado como aditivo conservante, del que se muestra un resumen en la tabla LXXX, en donde se indica que no existe una diferencia significativa para la percepción de sabor, olor, color y textura entre las muestras de chorizo.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), si presenta una diferencia significativa en función de los mismos. Siendo de 91.013 ± 7.536 % para el extracto fluido y de 4.156 ± 0.473 % para el extracto seco. Sin embargo, ambos valores se encuentran en el rango de rendimiento esperado debido a la relación de concentración de cada uno.
2. No existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en función del tipo de escala: laboratorio y planta piloto, por lo que, el método de extracción utilizado en planta piloto, es más eficiente en cuanto al tiempo puesto que fue menor a comparación de la escala laboratorio.
3. La densidad del extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) obtenido a escala laboratorio es de 1.016 ± 0.061 g/mL y en planta piloto es de 0.910 ± 0.075 g/mL, determinando que no existe diferencia significativa entre la densidad media del extracto fluido en función de la escala de trabajo.
4. El índice de refracción para el extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) es mayor que el obtenido para el extracto fluido siendo de 1.426 ± 0.004 y 1.395 ± 0.004 respectivamente, e indica que si existe diferencia significativa al evaluar dicha variable en función del tipo de extracto y de la escala a trabajar.

5. La solubilidad de extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en etanol al 95 % y agua desmineralizada, si presenta diferencia significativa en función del tipo de extracto y en función de la escala de trabajo: laboratorio y planta piloto. Siendo el extracto fluido el que presentó una mayor solubilidad.
6. Se determinó que la composición química del extracto fluido de orégano contiene como componente mayoritario timol, seguido por cariofileno y caroteno, mientras que el extracto seco presenta como como compuestos de mayor abundancia flavonoides como pinocembrina, sesquiterpenos como escualeno y fitol. Mostrando que la composición química de los extractos de orégano (*Lippia graveolens* HBK) son de naturaleza terpénica, monoterpenos y sesquiterpenos.
7. Las muestras de chorizo con biopelículas formuladas con extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) no cumplen con los límites de la norma RTCA 67.04.50:08 recomendados, ya que las muestras formuladas con extracto fluido presentan *Escherichia coli*, caso contrario con las formuladas con extracto seco de orégano puesto que si cumplen con lo establecido por Reglamento Técnico Centroamericano.
8. El nivel de aceptabilidad cumple con la textura, olor y color para ambas muestras de chorizo formuladas con extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK). Mientras que el sabor tuvo una mayor aceptabilidad para las muestras con extracto fluido de orégano.
9. No existe diferencia significativa en la aceptabilidad del sabor, olor, color y textura entre las muestras de chorizo en función del extracto de orégano (*Lippia graveolens* HBK) adicionado: fluido y seco.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar etanol al 95 % como solvente de extracción, a causa de que, al comparar ambas escalas de extracción con diferentes concentraciones de etanol, se observa una mayor capacidad antimicrobiana de acuerdo a la composición química de los extractos utilizando etanol al 95 %.
2. Trabajar con una temperatura constante en el proceso de secado del extracto seco y procurar que la capa de extracto colocado en las bandejas del secador sea delgada y uniforme para hacer efectiva su cristalización.
3. Almacenar los extractos a temperaturas bajas y en recipientes herméticos, inmediatamente después de la obtención, evitando la humedad, sobre todo para el extracto seco ya que se trata de un extracto higroscópico.
4. Realizar los análisis microbiológicos requeridos a las muestras de productos alimenticios lo antes posible para que esto no influya en la aparición de microorganismos patógenos en el momento de su análisis.
5. Formular las biopelículas comestibles de los embutidos aumentando y variando la concentración del extracto seco y extracto fluido de orégano para encontrar la dosis óptima en donde se obtenga la ausencia total de microorganismos patógenos para la conservación de los embutidos.

6. Aplicar de una manera estricta las Buenas Prácticas de Manufactura, manteniendo la inocuidad e higiene durante todo el proceso de desarrollo, para evitar contaminación cruzada en la producción de los embutidos.

REFERENCIAS

1. Amadio, C., Medina, R., Dediol, C., Zimmermann, M., y Miralles, S. (2011). Aceite esencial de orégano: un potencial aditivo alimentario. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 43(1), 237-245.
2. Arcila Lozano, C. C., Loarca-Piña, G., Lecona-Uribe, S., y González de Mejía, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *ALAN*, 54(1), 100–111. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100015
3. Bueno Durán, A. Y. (2014). *Estimulación abiótica de la acumulación de compuestos bioactivos en dos especies de Lippia* (tesis de doctorado). Centro de Investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco, México. Recuperado de https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/487/1/Adela_Yolanda_Durán_Bueno.pdf
4. Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
5. Cavero, S., García-Risco, M. R., Marín, F. R., Jaime, L., Santoyo, S., Señoráns, F. J., Reglero, G., Ibañez, E. (2006). Supercritical fluid

extraction of antioxidant compounds from oregano. Chemical and functional characterization via LC-MS and in vitro assays. *Journal of Supercritical Fluids*, 38(1), 62–69. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2005.01.003>

6. del Villar Ruiz de la Torre, J. A., y Melo Herráiz, E. (2010). Fundación Dr. Antonio Esteve. *Guía de Plantas Medicinales Del Magreb*, 3(1). Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/QuadernsFDAE/article/viewFile/254931/341912>
7. DoTerra. (Abril, 2020). 100 usos de los aceites esenciales. *DoTerra*, 43(6), 1-22.
8. Ecured. (2011). *Aceites esenciales*. Recuperado de https://www.ecured.cu/Aceites_esenciales
9. Flores Martínez, H., León Campos, C., Estarrón Espinosa, M., y Orozco Ávila, I. (2016). Optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir del orégano (*Lippia graveolens* HBK) mexicano, utilizando metodología de superficie respuesta (MSR). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), 773–785.
10. García Guerra, C. A., Pacheco Benítez, I. L., Chávez Quiñónez, B., y Cerezo Quezada, O. (2001). *Alternativa de desarrollo tecnológico para la recuperación de las fracciones extractables y caracterización de los componentes claves de la curcumina y cariofileno contenidos en el rizoma de la curcuma (Cúrcuma longa) para su agroindustrialización en Guatemala*. Guatemala: USAC.

11. Garcinuño Martínez, R. M. (2017). Contaminación de los alimentos durante los procesos de origen y almacenamiento. *Aldaba*, (36), 51-64. Recuperado de <https://doi.org/10.5944/aldaba.36.2012.20530>
12. Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México: CECSA.
13. Guzmán, L. E., Acevedo, D., Romero, L., y Estrada, J. (2015). Elaboración de una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano. *Información Tecnológica*, 26(3), 17–24. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000300004>
14. Henao, J., Muñoz, L. J., Padilla, L., y Ríos, E. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de *Lippia organoides* H.B.K. “Orégano de monte” cultivado en el Quindío y evaluación de la actividad antimicrobiana. *Revista de Investigación Universidad Del Quindío*, 21(3), 82–86.
15. Hernández, L., Cernada, M., Fernández, C., Sanabia, G., Amaro, T., Llanes, V., y Marichal, G. (2007). Obtención y escalado de Extracto Seco de Caléndula *Officinalis* L. *Revista Cubana de Química*, XIX(1), 71–73.
16. López Sánchez, M., Triana Méndez, J., Pérez Galván, F. J., y Torres Padrón, M. E. (2005). *Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas*. España: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

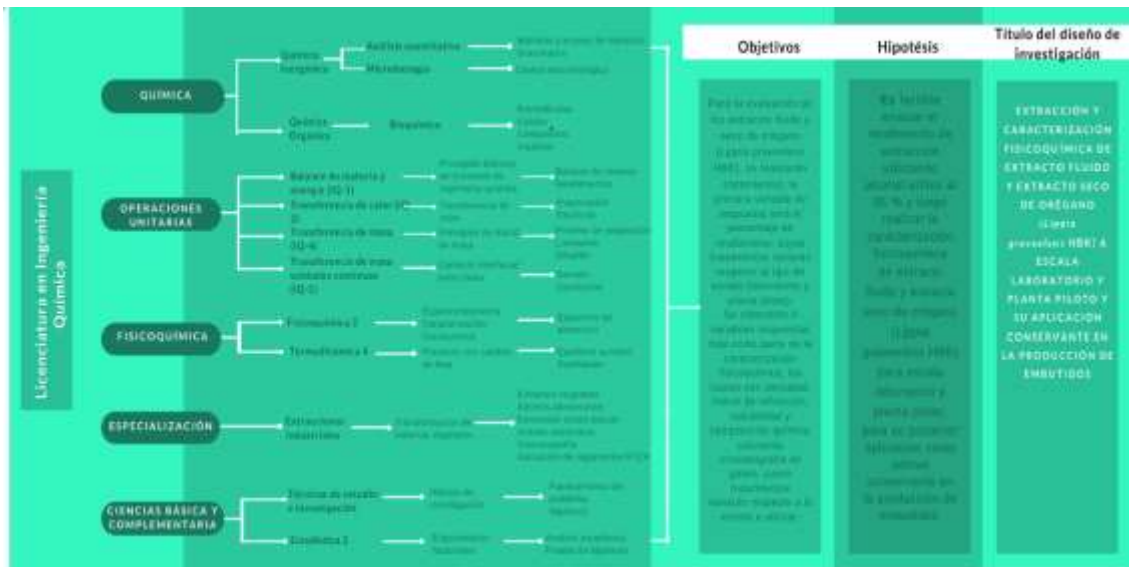
17. Martínez, A. (2003). Aceites Esenciales. *División de Publicaciones UIS*, vol.(1), 1-34. Recuperado de http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsenciales/UdeA_esencias2001b.pdf
18. Matiacevich, S., & Sáez, C. (2017). Encapsulación de aceite esencial de lemongrass en el desarrollo de ingredientes naturales en polvo para preservación de alimentos. *Contribuciones Científicas y Tecnológicas*, 42(2), 23–31.
19. McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. México: McGraw-Hill.
20. Ministerio de Salud y Asistencia social. (2005). *Reglamento técnico centroamericano 67.04.54:10 para alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios*. Guatemala: Autor.
21. Nuñez, C. (2008). Extracción con Equipo Soxhlet. *Bioquímica y Biología Molecular*, 2(3), 1-5. Recuperado de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39extraccinconequiposoxhlet.pdf>
22. Quintero, C. J., Falguera, V., y Muñoz, H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista TUMBAGA*, 5(1), 93–118.
23. Rastrelli, L., Caceres, A., Morales, C., De Simone, F., y Aquino, R. (1998). Iridoids from *Lippia graveolens*. *Phytochemistry*, 49(6),

1829–1832. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(98\)00196-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(98)00196-4)

24. Soto-Armenta, L. C., Sacramento-Rivero, J. C., Acereto-Escoffié, P. O., Peraza-González, E. E., Reyes-Sosa, C. F., y Rocha-Uribe, J. A. (2017). Extraction Yield of Essential Oil from *Lippia graveolens* Leaves by Steam Distillation at Laboratory and Pilot Scales. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 20(3), 610–621. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1331756>
25. Tofiño Rivera, A., Ortega Cuadros, M., Herrera Hinojosa, B. K., Fragoso Castilla, P., y Pedraza Claros, B. (2017). Conservación microbiológica de embutido carnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* y *Thymus vulgaris*. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 30-41.
26. Treybal, R. E. (1980). *Operaciones de transferencia de masa*. México: McGraw-Hill.
27. Zevallos, M. (1894). Ligeras consideraciones sobre los extractos fluidos. *Semanario Farmacéutico*, 1(8), 57-59.

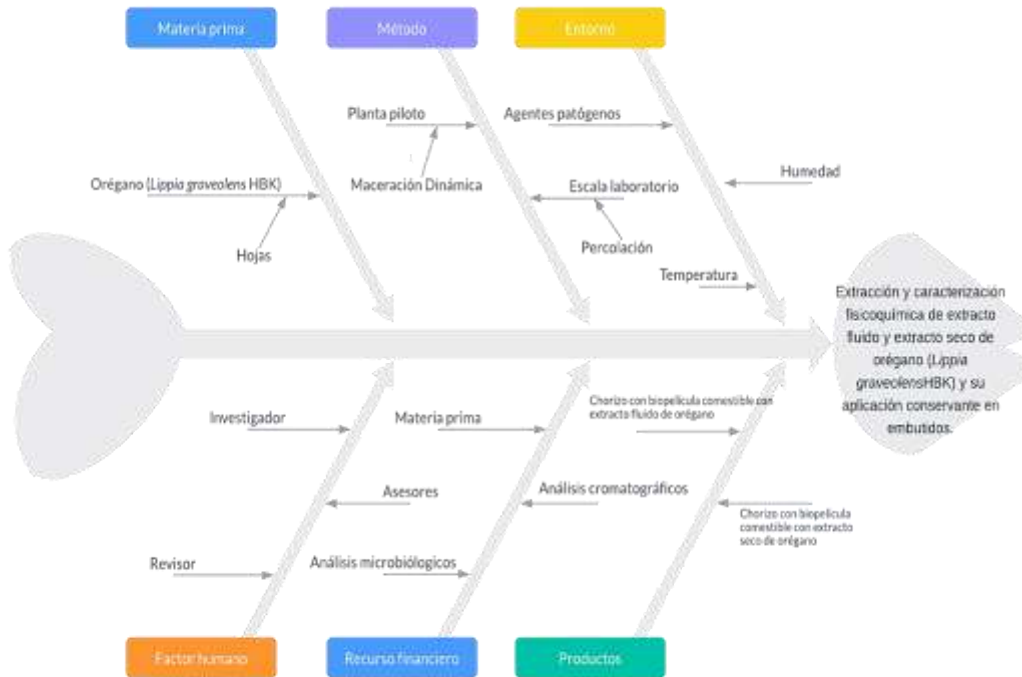
APÉNDICES

Apéndice 1. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia, realizado con Canva.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



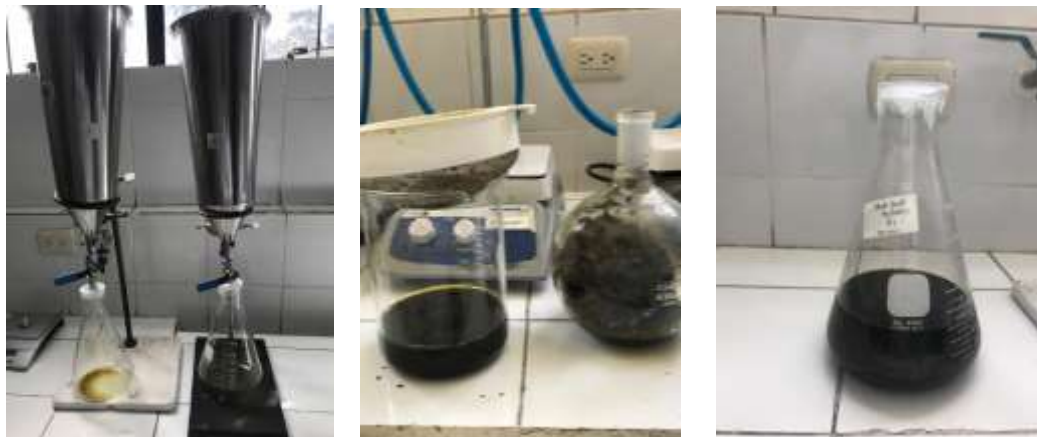
Fuente: elaboración propia, realizado con Draw.io.

Apéndice 3. Preparación de la materia prima de orégano



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 4. Extracción por el método de percolación de extracto fluido de orégano, a escala laboratorio



Continuación del apéndice 4.



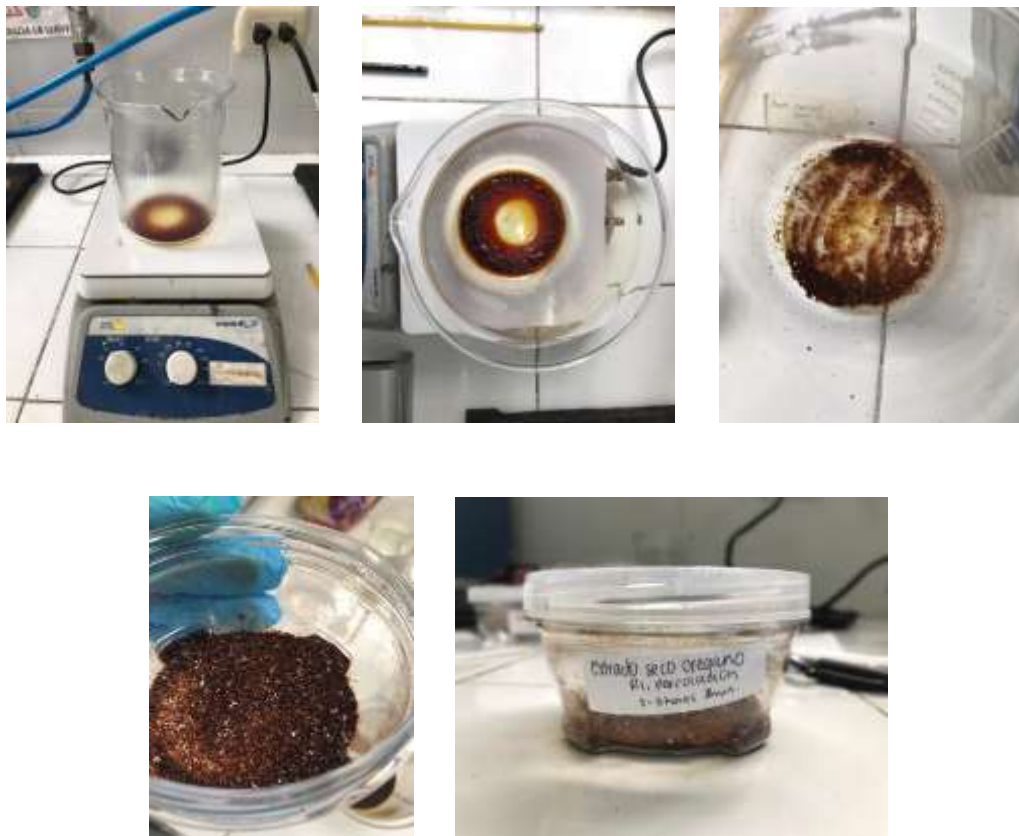
Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 5. **Extracción por el método de percolación de extracto seco de orégano, a escala laboratorio**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 6. **Secado de extracto seco de orégano, a escala laboratorio**



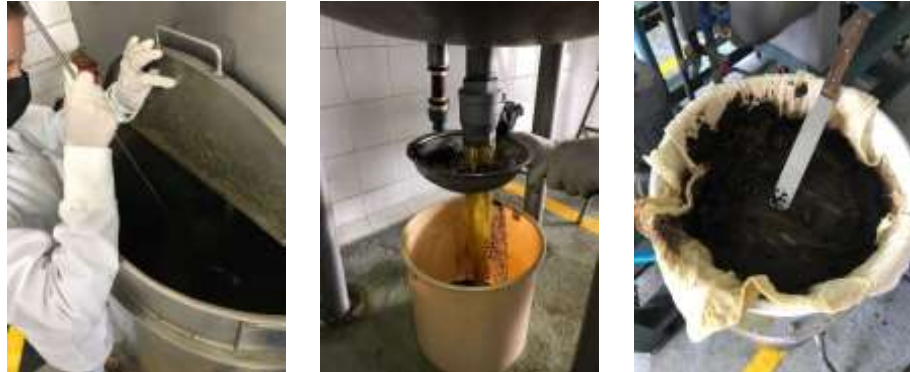
Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 7. **Extracción por el método de maceración dinámica de extracto fluido de orégano, a escala planta piloto**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 8. Extracción por el método de maceración dinámica de extracto seco de orégano, a escala planta piloto



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 9. Secado de extracto seco de orégano, a escala planta piloto



Continuacion del apéndice 9.



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 10. **Medición de la densidad, solubilidad y solidos totales de extracto fluido de orégano**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 11. Medición de la solubilidad de extracto seco de orégano



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 12. Elaboración de la biopelícula comestible aplicada a embutidos



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Continuacion del apéndice 12.



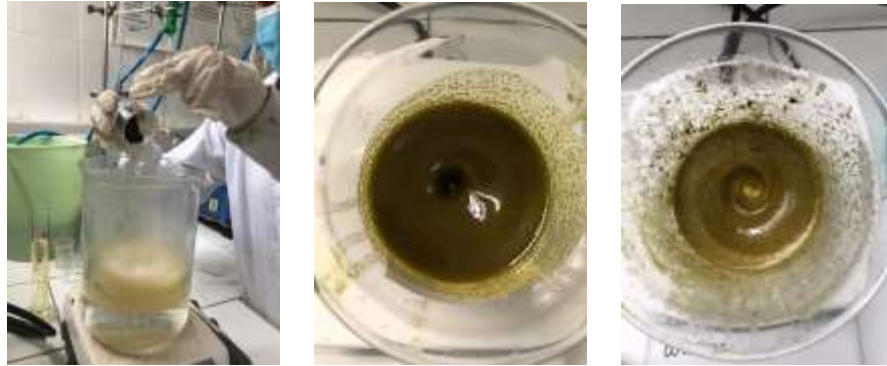
Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 13. **Biopelícula comestible con extracto fluido como conservante aplicado en embutidos**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 14. **Biopelícula comestible con extracto seco como conservante aplicado en embutidos**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 15. **Aplicación en embutido de la biopelícula comestible con extracto fluido**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 16. **Aplicación en embutido de la biopelícula comestible con extracto seco**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 17. **Proceso de cocción de los chorizos con biopelícula comestible con extracto fluido y extracto seco**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 18. **Prueba sensorial de la aplicación de biopelícula comestible a chorizos**



Fuente: [Fotografía de María Angela Polanco]. (Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, Facultad de Ingeniería USAC. 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 19. **Formato de la prueba hedónica de 5 puntos realizada a al chorizo con la biopelícula comestible**



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

PRUEBA SENSORIAL

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Frente a usted se presentan 2 muestras de chorizo con extracto fluido y extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK), observe y prueba cada una de ellas, e indique el grado en el que le agrada o desagrada marcando con una "X" cada uno de los atributos sensoriales de las muestras. Solo puede marcar una opción por cada atributo.

Chorizo con extracto fluido de orégano

Atributos sensoriales	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor					
Olor					
Color					
Textura					

Chorizo con extracto seco de orégano

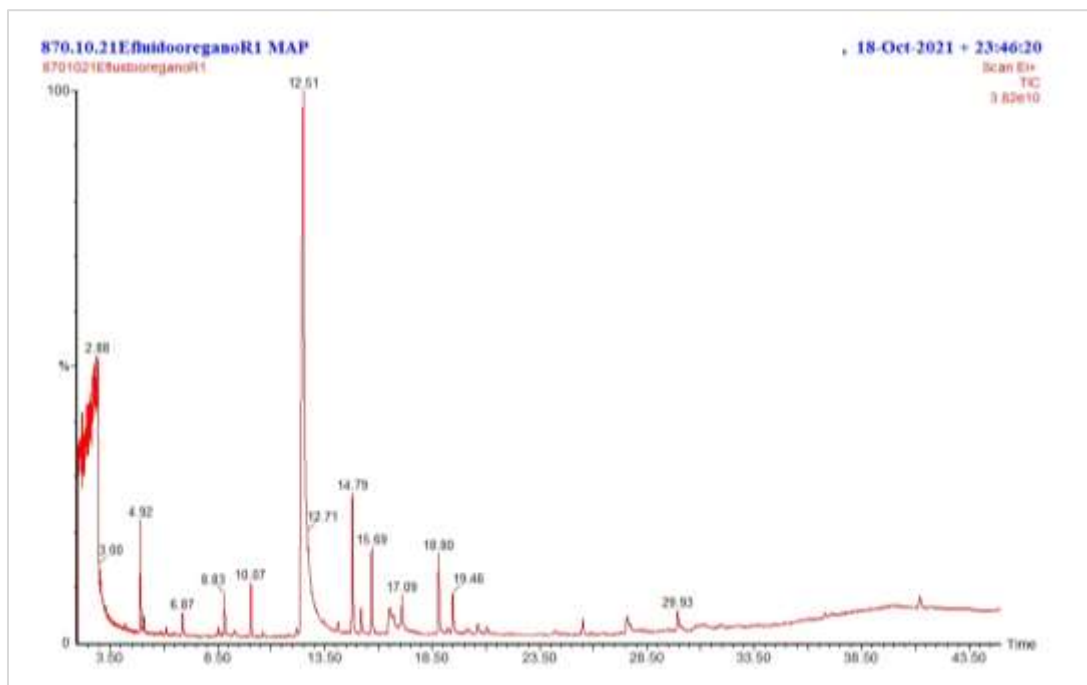
Atributos sensoriales	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor					
Olor					
Color					
Textura					

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa para extracto fluido de orégano a escala laboratorio

Primero se presentan los cromatogramas de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en orden ascendente de número de repetición.



Continuación del anexo 1.

Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

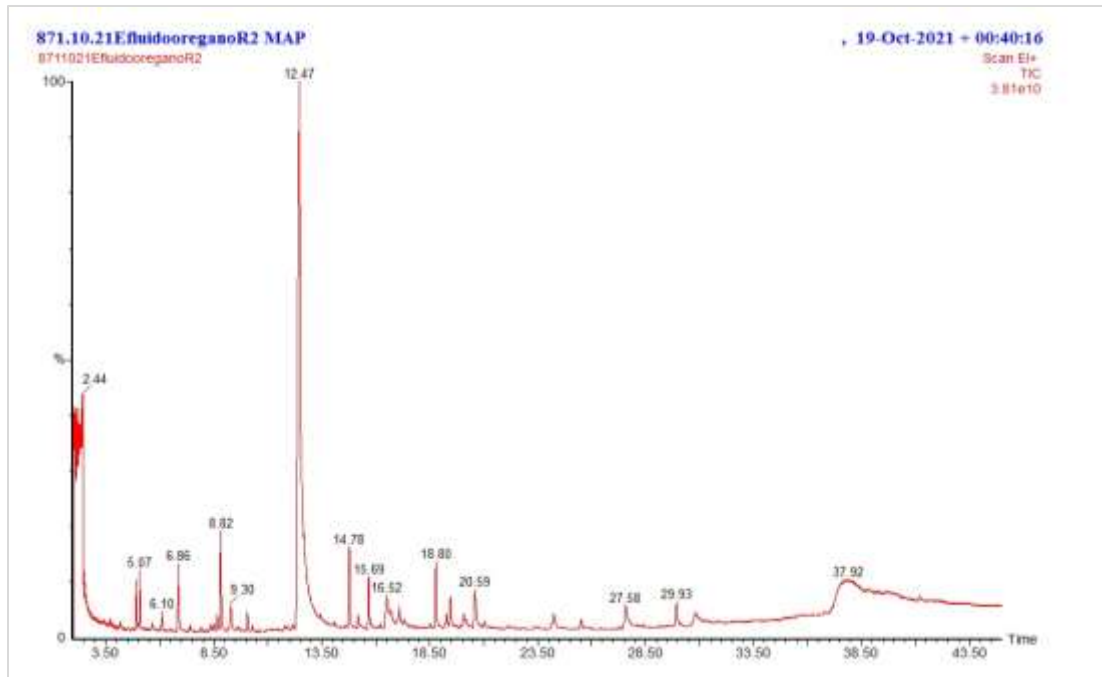
File: C:\TuboMassSEM\VOCS.PROV\Data\8701021E\uldooreganoR1.raw
Acquired: 18-Oct-21 11:46:20 PM **Printed:** 18-Nov-21 11:47 AM
Description: 870.10.21E\uldooreganoR1.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mh MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 870.10.21E\uldooreganoR1.MAP

Page 4 of 11
Vial Number: 18

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS Library
		3	endo-Borneol	891	907	507-70-0 replib
31	8.831	1	Terpinen-4-ol	983	984	562-74-3 replib
		2	Terpinen-4-ol	987	989	562-74-3 replib
		3	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	961	977	20126-76-5 replib
32	9.311	1	α-Terpineol	798	819	98-55-5 replib
		2	α-Terpineol	787	807	98-55-5 replib
		3	α-Terpineol	784	822	98-55-5 replib
33	10.087	1	Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-	975	979	1076-58-8 replib
		2	Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-	950	984	1076-58-8 replib
		3	Benzene, 1-methoxy-4-methyl-2-(1-methylethyl)-	935	968	31574-44-4 replib
34	10.822	1	Thymoquinone	867	900	490-91-5 replib
		2	Thymoquinone	787	943	490-91-5 replib
		3	2(3H)-Naphthalenone, 4,4a,5,6,7,8-hexahydro-4a-methyl-	735	814	826-98-2 replib
35	11.847	1	5-Hexyne-2,5-diol, 2,5-dimethyl-	898	770	142-30-3 replib
		2	5-Hexyne-2,5-diol, 2,5-dimethyl-	887	757	142-30-3 replib
		3	3,3-Tetramethyleneglutaric acid	827	887	18713-88-9 replib
36	12.197	1	Thymol	955	970	89-83-8 replib
		2	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	953	960	490-75-2 replib
		3	Thymol	932	947	89-83-8 replib
37	12.508	1	Benzenemethanol, 3,5-dimethyl-	858	817	27129-87-9 replib
		2	Benzenemethanol, 3,5-dimethyl-	849	717	27129-87-9 replib
		3	Benzenamine, N,N-dimethyl-4-nitroso-	847	710	158-89-8 replib
38	13.483	1	Eugenol	833	852	97-53-0 replib
		2	Eugenol	828	844	97-53-0 replib
		3	Eugenol	820	852	97-53-0 replib
39	14.118	1	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1a,2a,4a)]-	931	939	515-13-0 replib
		2	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1a,2a,4a)]-	914	915	515-13-0 replib
		3	Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylens-7-(1-methylethenyl)-, [4aR-(4a,7a,8a)]-	878	897	17086-87-0 replib
40	14.793	1	Caryophyllene	984	984	87-44-5 replib

Inst0 ACQUISITION PARAMETERS
Overc: Initial temp 50°C for 8 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Auto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier
Gas-He, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 480Da, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 1.



Continuación del anexo 1.

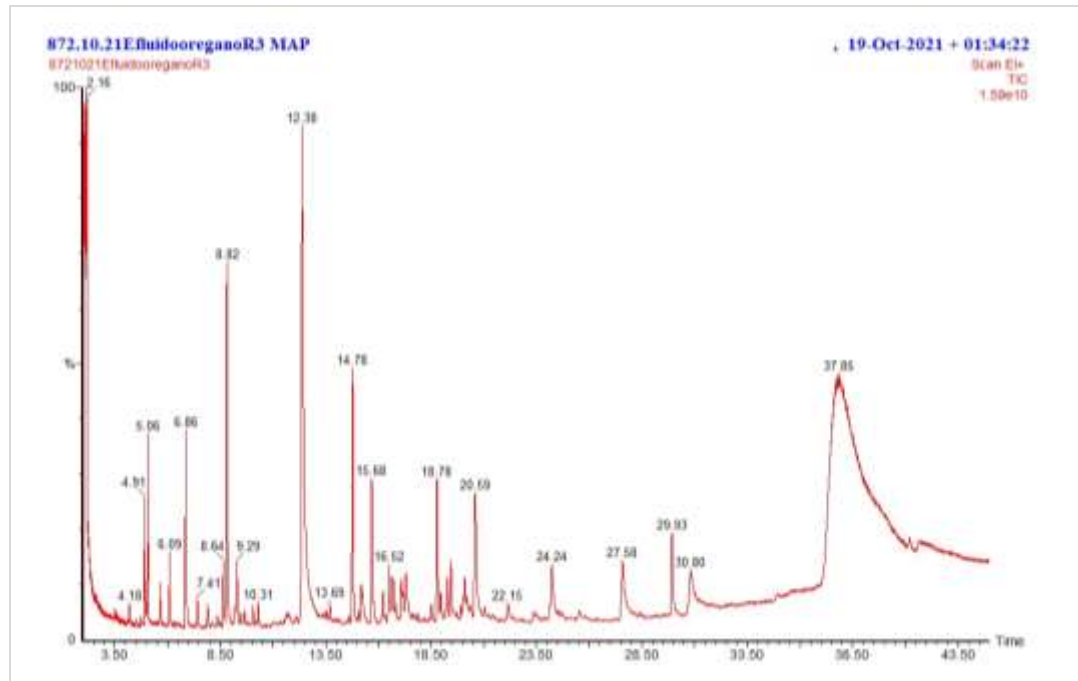
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TurboMass\SEM\VOCS.PRO\Data\8711021E\huldooreganoR2.raw
Acquired: 19-Oct-21 12:40:16 AM **Printed:** 18-Nov-21 11:55 AM
Description: 871.10.21E\huldooreganoR2.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP **Page 4 of 11**
Sample ID: 871.10.21E\huldooreganoR2.MAP **Val Number: 19**

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
31	8.821	1	Terpinen-4-ol	985	988	502-74-3	replib
		2	Terpinen-4-ol	980	986	502-74-3	replib
		3	3-Cyclohexan-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-	948	972	20126-76-5	replib
32	9.296	1	δ-Terpineol	957	963	98-55-5	replib
		2	L-δ-Terpineol	950	955	10480-56-1	replib
		3	δ-Terpineol	950	951	98-55-5	replib
33	9.666	1	2-n-Heptylcyclopentanone	540	650	13074-65-2	replib
		2	Gln-Asn-Lys	529	663		nist_main
		3	3-Cyclohexan-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, di-	522	626	18721-38-3	replib
34	10.057	1	Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-	974	983	1075-56-8	replib
		2	Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)-	948	987	1075-56-8	replib
		3	Benzene, 1-methoxy-4-methyl-2-(1-methylethyl)-	934	980	31574-44-4	replib
35	10.312	1	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	844	855	99-86-5	replib
		2	3-Cyclohexeno-1-methanol, 6,6,4-trimethyl-, acetate	839	864	80-26-2	replib
		3	Cyclohexanol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, (1R, 2R, 5R)-	799	830	18675-93-7	replib
36	11.087	1	Benzofuran, 2,3-dihydro-	810	923	496-16-2	replib
		2	Benzaldehyde, 2-methyl-	781	852	529-20-4	replib
		3	Benzaldehyde, 2-methyl-	779	896	529-20-4	replib
37	11.167	1	2-Hexadecanol	425	440	14852-91-4	replib
		2	Octadecanoic acid, 17-oxo-, methyl ester	414	510	2380-32-7	replib
		3	2-Pentadecanone, 8,10,14-trimethyl-	414	487	502-69-2	replib
38	11.787	1	3-Hexyne-2,5-diol, 2,5-dimethyl-	732	793	142-90-3	replib
		2	3-Hexyne-2,5-diol, 2,5-dimethyl-	715	777	142-90-3	replib
		3	Cyclohexanol, 3,3,5-trimethyl-	657	702	116-02-9	replib
39	11.912	1	2,7-Octadiene-1,8-diol, 2,8-dimethyl-	726	782	64142-78-5	replib
		2	Butanoic acid, 3-hexenyl ester, (E)-	885	889	53398-84-8	replib
		3	Butanoic acid, 3-hexenyl ester, (Z)-	884	895	16401-36-4	replib
40	12.182	1	Thymol	932	943	89-83-8	replib
		2	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	921	928	499-75-2	replib
		3	Thymol	916	940	89-83-8	replib

Inst: ACQUISITION PARAMETERS
Over: Initial temp 50°C for 0 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Asslt-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 4000s, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 1.



Continuación del anexo 1.

Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TuboMass\SEM\VOCS.PRO\Datos\8721021E\huidooreganoR3.Law
Acquired: 19-Oct-21 01:34:22 AM **Printed:** 18-Nov-21 11:58 AM
Description: 872.10.21E\huidooreganoR3.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mh MS: acidos grasos uvq.EXP **Page 1 of 11**
Sample ID: 872.10.21E\huidooreganoR3.MAP **Vial Number: 20**

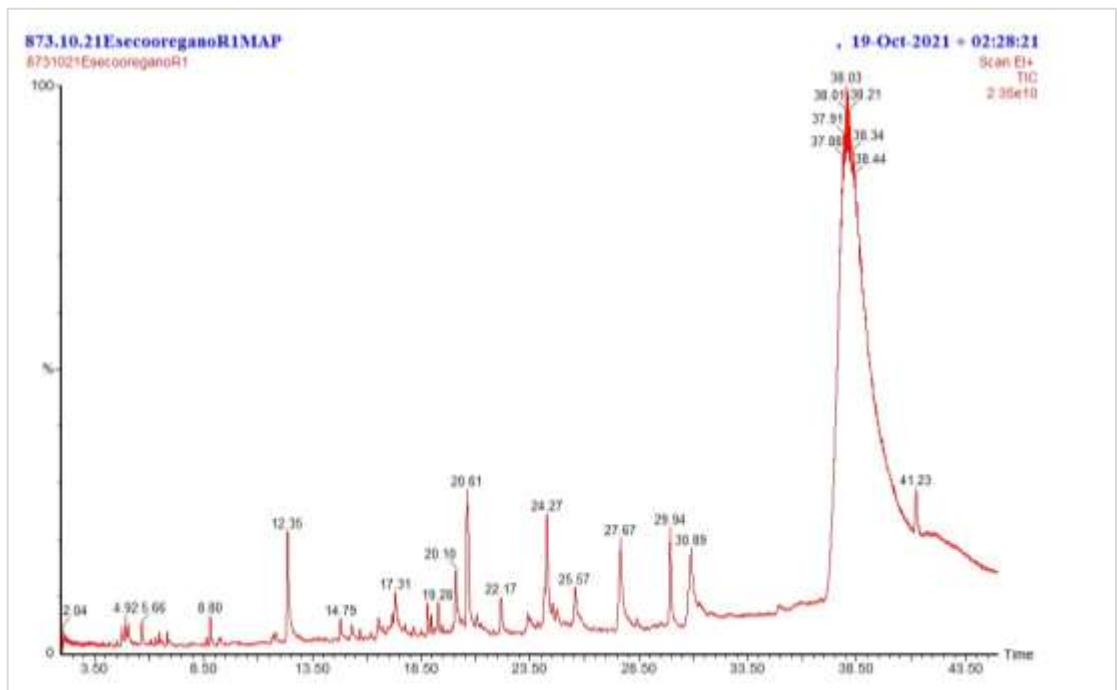
PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
1	2.038	1	D-Homocysteine	960	960	454-29-6	nist_msm
		2	D-Homocysteine	965	965	454-29-6	nist_msm
		3	D-Homocysteine	949	949	454-29-6	nist_msm
2	2.073	1	L-Threonine	925	925	72-19-6	nist_msm
		2	L-Threonine	908	908	72-19-6	nist_msm
		3	L-Threonine	901	901	72-19-6	nist_msm
3	2.103	1	Urea, N-methyl-N-nitroso-	898	898	884-93-6	replib
		2	L-4-Homoserine	844	903	18504-58-8	nist_msm
		3	L-4-Homoserine	840	989	18504-58-8	nist_msm
4	2.133	1	Dimethylphosphine	749	842	876-99-6	replib
		2	Acetic acid	688	728	64-19-7	nist_msm
		3	Acetic acid	679	718	64-19-7	nist_msm
5	2.153	1	Acetic acid	698	739	64-19-7	nist_msm
		2	Acetic acid	659	698	64-19-7	nist_msm
		3	Acetic acid	651	689	64-19-7	nist_msm
6	4.184	1	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, propenoate, (E)-	786	859	105-90-8	replib
		2	1,8-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, propenoate	749	825	144-30-8	replib
		3	Butanoic acid, 3-methyl-, 1-ethyl-, 1,5-dimethyl-4-hexyl ester	738	755	1118-27-0	replib
7	4.524	1	3-Carene	880	909	13486-78-9	replib
		2	8-Pinene	870	919	80-56-8	replib
		3	γ-Terpinene	878	914	99-85-4	replib
8	4.734	1	4-Terpinenyl acetate	944	964	4821-04-0	replib
		2	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	942	952	99-86-6	replib
		3	Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	936	961	586-82-9	replib
9	4.915	1	o-Cymene	985	987	527-84-4	replib
		2	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	983	983	535-77-3	replib
		3	o-Cymene	980	986	527-84-4	replib
10	5.060	1	Eucalyptol	984	984	470-82-6	replib
		2	Eucalyptol	975	977	470-82-6	replib
		3	Eucalyptol	950	952	470-82-6	replib

Inst() ACQUISITION PARAMETERS
Oven: Initial temp 50°C for 8 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Auto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 490Da, Column 30.0m x 250µm

Fuente: Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 2. **Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa para extracto seco de orégano a escala laboratorio**

Primero se presentan los cromatogramas de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en orden ascendente de número de repetición.



Continuación del anexo 2.

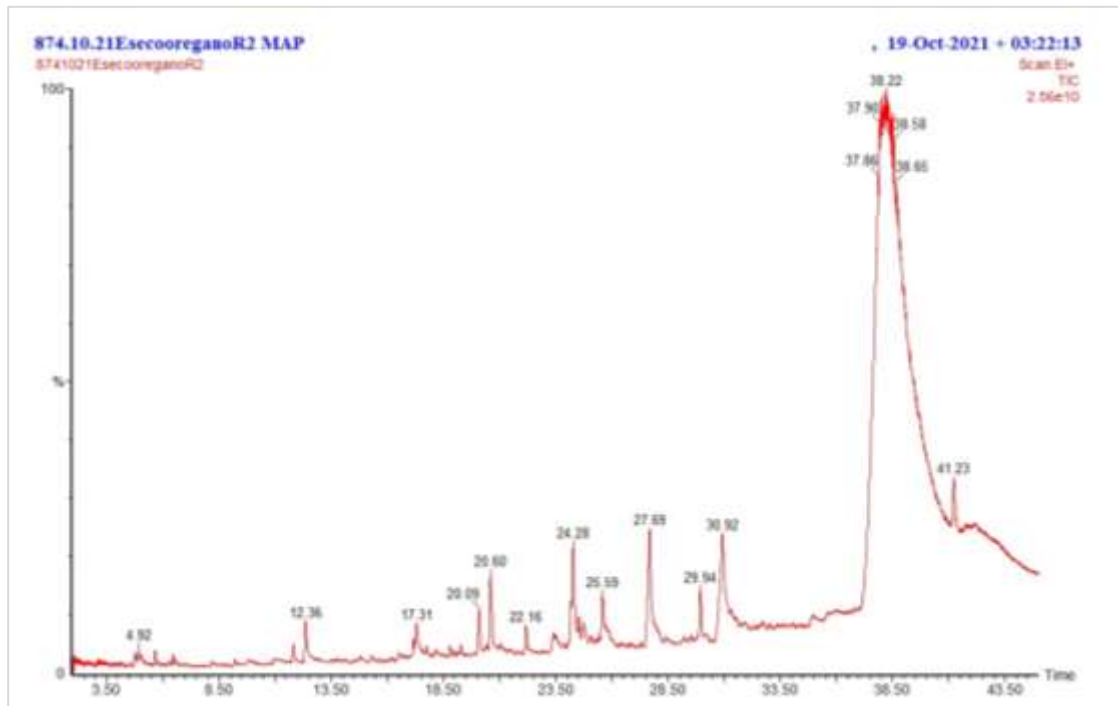
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TuboMasiSEM\VOCS.PRO\Dat\8731021EsecooreganoR1.raw
Acquired: 19-Oct-21 02:28:21 AM **Printed:** 18-Nov-21 12:00 PM
Description: 873.10.21EsecooreganoR1MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mh MS: acidos grasos uvq.EXP **Page 1 of 11**
Sample ID: 873.10.21EsecooreganoR1MAP **Vial Number: 21**

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
1	2.058	1	Ethanol, 2-(octylthio)-	620	651	3547-53-0	replib
		2	Decane, 1-fluoro-	610	643	334-56-5	replib
		3	1-Deoxy-1-(methylamino)-D-galactitol	606	775	7115-46-0	nist_nms
2	2.078	1	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	395	433	126-86-3	nist_nms
		2	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	385	439	126-86-3	nist_nms
		3	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	377	440	126-86-3	nist_nms
3	2.128	1	Dodecanedioic acid, bis(trimethylsilyl) ester	352	371	22396-19-8	replib
		2	Galactopyranoside, methyl 2-acetamido-2-deoxy-3,4,6-tri-O-methyl-, ̢-D-	338	430	10040-88-4	replib
		3	Silane, [(11-bromoundecyl)oxy]trimethyl-	338	301	28305-83-9	replib
4	2.188	1	Ethanol, 2-phenoxy-	456	613	122-09-6	replib
		2	Ethanol, 2-phenoxy-	435	586	122-09-6	replib
		3	2-Methoxybenzyl alcohol	417	488	612-16-8	replib
5	2.258	1	N-Acetyl-D-galactosaminital	486	679	10486-01-8	nist_nms
		2	N-Acetyl-D-galactosaminital	474	573	10486-01-8	nist_nms
		3	N-Acetyl-D-galactosaminital	469	666	10486-01-8	nist_nms
6	2.334	1	Pregnen-20-one, 5,6-epoxy-3-hydroxy-, (3a,5a,8a)-	387	399	6686-70-2	replib
		2	2,4-Decadienoic acid, ethyl ester, (E, Z)-	377	513	3025-30-7	replib
		3	1-Hydroxychloridene	378	410	2597-11-7	replib
7	2.364	1	Androsterone acetate	385	431	1482-78-8	replib
		2	Clay oleate	301	304	3687-45-4	replib
		3	Benzoic acid, 2,5-dichloro-3,6-dimethoxy-, methyl ester	291	307	62059-39-8	replib
8	2.480	1	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-4a,6-dimethyl-2-(1-methylethyl)-, (2R-(2a,4a,8a))-	371	427	473-13-2	replib
		2	1,5-Decadiyne	370	397	53983-03-4	replib
		3	̢-Elemene	365	408	29873-09-2	replib
9	2.624	1	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	673	940	629-20-0	replib
		2	Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-tiene	668	940	694-87-1	replib
		3	Styrene	663	947	100-42-5	replib
10	2.780	1	2,2,6,6-Tetrachlorocyclohexanol	362	433	56207-45-5	replib
		2	2,2,6,6-Tetrachlorocyclohexanol	329	444	56207-45-5	replib

Inst() ACQUISITION PARAMETERS
Overc: Initial temp 50°C for 8 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Auto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier
Gas-He, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 2.



Continuación del anexo 2.

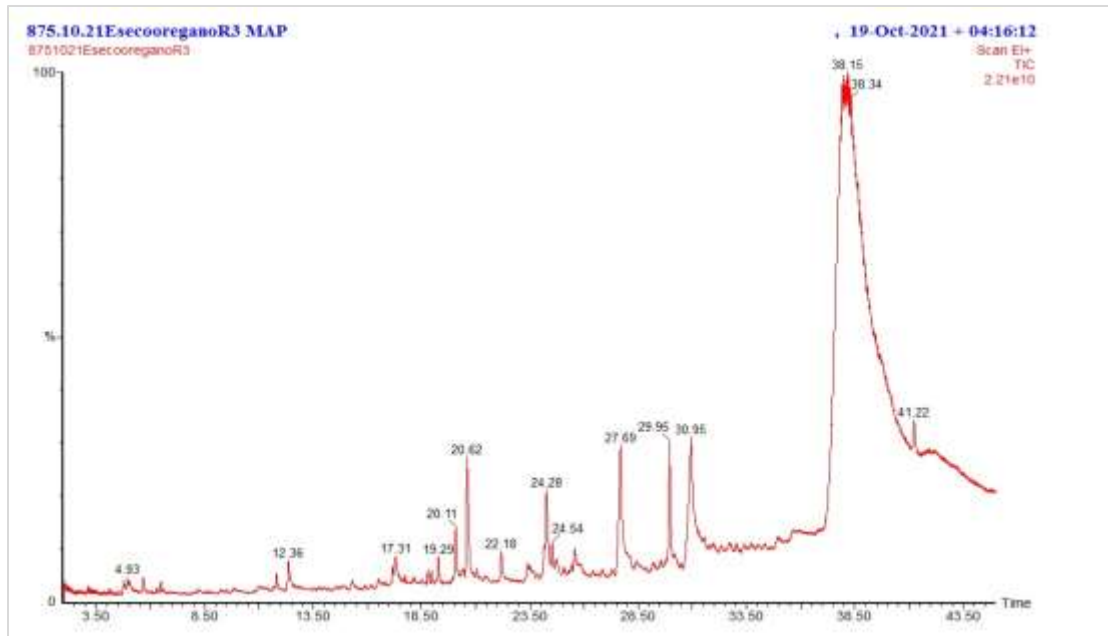
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TuboMasa\SEM\VOCS.PRO\Datos\8741021EsecooreganoR2.raw
Acquired: 19-Oct-21 03:22:13 AM **Printed:** 18-Nov-21 12:02 PM
Description: 874.10.21EsecooreganoR2 MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP Page 1 of 11
Sample ID: 874.10.21EsecooreganoR2 MAP **Vial Number:** 22

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
1	2.073	1	4-Octenoic acid, methyl ester, (Z)-	385	561	21083-71-8	replib
		2	Cyclohexanone, 2-ethyl-4-methoxy-	371	388	13482-27-4	replib
		3	4-Hydroxyphenylpyruvic acid	365	787	156-39-8	nist_msm
2	2.113	1	Androstane-11,17-dione, 3-[[trimethylsilyloxy]- (38,54)-	344	382	5042-60-0	replib
		2	Androst-4-en-3-one, 17-[[trimethylsilyloxy]-, (17a)-	339	388	16134-45-6	replib
		3	Pregn-4-ene-3,20-dione, 17-hydroxy-6,16-dimethyl-, (6a,16a)-	321	348	2738-39-8	replib
3	2.188	1	Cycloperidaneacetic acid	417	552	1123-00-8	replib
		2	Ethanthiol, 2,2-Biotin-	409	480	3570-55-8	replib
		3	Ser-Gly	377	668		nist_msm
4	2.249	1	Agmatine	477	873	308-80-5	nist_msm
		2	Agmatine	469	859	308-80-5	nist_msm
		3	Agmatine	450	823	308-80-5	nist_msm
5	2.529	1	2-Furanmethanol	865	910	98-00-0	replib
		2	2-Furanmethanol	864	908	98-00-0	replib
		3	2-Furanmethanol	858	951	98-00-0	replib
6	2.380	1	Atropine	438	931	51-55-8	nist_msm
		2	1,2-Propenediol, 3-(1-piperidinyl)-, bis(phenylcarbamate)	419	419	101-08-8	replib
		3	Atropine	403	596	51-55-8	nist_msm
7	2.444	1	8,10-Dodecadien-1-ol, (E,E)-	298	385	33958-49-9	replib
		2	1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 4-(1-methylethyl)-	291	332	2111-75-3	replib
		3	1,5-Cyclooctadiene, 1,5-dimethyl-	291	321	3760-14-3	replib
8	2.499	1	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-	342	422	1632-73-1	replib
		2	D-Pinitol	339	717	10284-83-8	nist_msm
		3	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-	337	408	1632-73-1	replib
9	2.614	1	Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	842	893	694-87-1	replib
		2	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	833	887	629-20-9	replib
		3	Styrene	824	882	100-42-5	replib
10	2.709	1	Hexanoic acid, 2-ethyl-, methyl ester	528	535	816-19-3	replib
		2	Undecanoic acid, 2-ethyl-, methyl ester	481	499	74810-60-9	replib

Inst() ACQUISITION PARAMETERS
Oven: Initial temp 50°C for 8 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Auto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Flow: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 2.



Continuación del anexo 2.

Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TuboMass\SEM\VOCS.PRO\Datos\8751021EsecooreganoR3.raw
Acquired: 19-Oct-21 04:16:12 AM **Printed:** 18-Nov-21 12:04 PM
Description: 875.10.21EsecooreganoR3.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mh MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 875.10.21EsecooreganoR3.MAP **Page 2 of 11**
Vial Number: 23

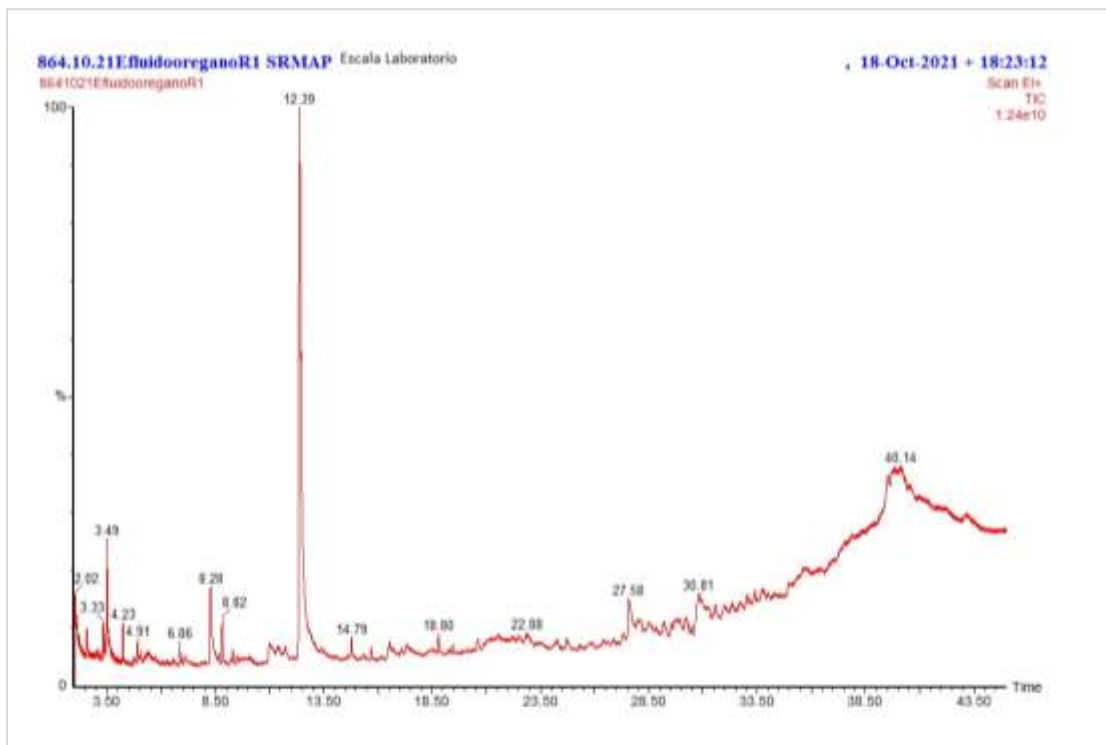
PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
		3	Cyclopentadecanone	591	669	502-72-7	replib
11	9.827	1	Benzoic acid	840	962	65-85-0	replib
		2	Benzoic acid	852	975	65-85-0	replib
		3	Benzoic acid	824	945	65-85-0	replib
12	11.017	1	Benzofuran, 2,3-dihydro-	855	911	496-16-2	replib
		2	Benzaldehyde, 3-methyl-	818	899	620-23-5	replib
		3	Benzaldehyde, 2-methyl-	815	902	529-20-4	replib
13	11.157	1	Cycloheximide	391	416	2259-96-3	replib
		2	Baracetamine, 2-(1-methylethyl)-	338	550	643-28-7	replib
		3	Cumidine	334	576	50-88-7	replib
14	11.317	1	Decanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	400	539	59818-58-7	replib
		2	Decanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	408	523	59818-58-7	replib
		3	Methyl 3-hydroxytetradecanoate	398	573	55682-83-2	replib
15	11.887	1	2,7-Octadiene-1,8-diol, 2,6-dimethyl-	743	777	84142-78-5	replib
		2	1-Octadecyne	707	724	620-60-0	replib
		3	E-7-Tetradecanol	708	725	37011-05-3	replib
16	11.817	1	Benzeneacetic acid, 4-oxo-, methyl ester	961	981	15206-55-0	replib
		2	Benzoyl isothiocyanate	945	987	532-55-8	replib
		3	Benzoyl isothiocyanate	939	982	532-55-8	replib
17	12.358	1	Thymol	971	985	89-83-8	replib
		2	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	966	973	499-75-2	replib
		3	Thymol	958	972	89-83-8	replib
18	12.686	1	Octadecanoic acid, 3-octyl-, methyl ester	501	569	2500-59-6	replib
		2	11-Octadecenoic acid, methyl ester	494	500	52380-53-3	replib
		3	16-Hexadecanoyl hydrazide	489	572	2810-88-7	replib
19	12.878	1	3-Hexan-2-one, 5-methyl-	961	734	5166-53-0	replib
		2	Thiophene, 2-ethyl-	522	640	872-55-9	replib
		3	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-methyl-	521	708	1713-33-3	replib
20	12.983	1	Copaene	572	660	3856-25-5	replib
		2	β-Cubebene	571	741	17999-14-8	replib

Inst0 ACQUISITION PARAMETERS
Overc: Initial temp 50°C for 8 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Asulo-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier
Gas-He, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Fuente: Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 3. **Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa para extracto fluido de orégano a escala planta piloto**

Primero se presentan los cromatogramas de extracto fluido de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en orden ascendente de número de repetición.



Continuación del anexo 3.

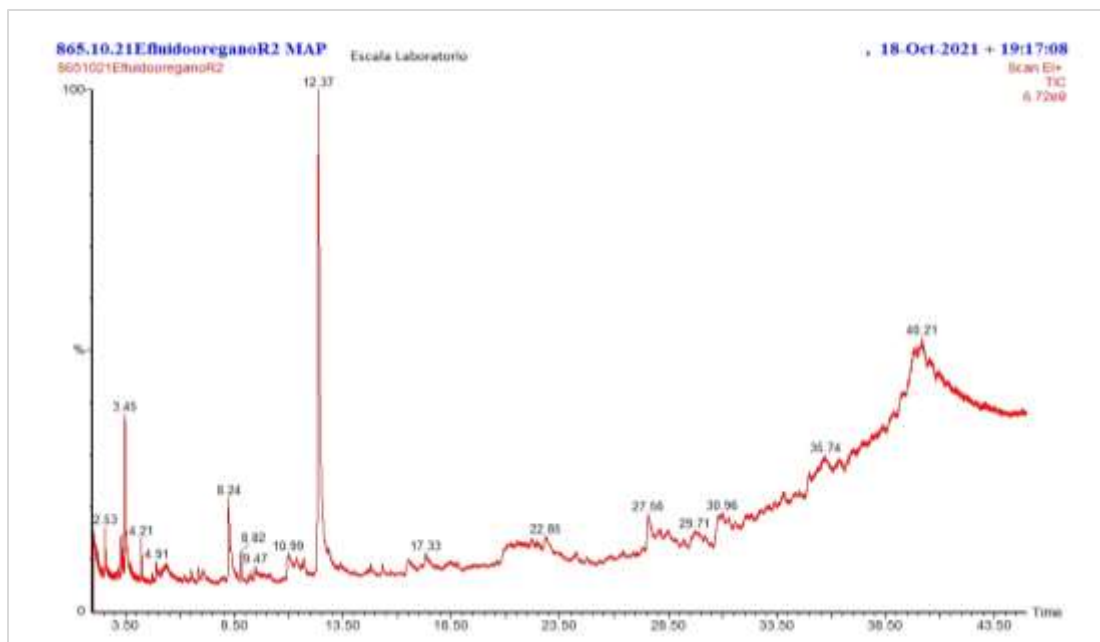
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TuboMassSEM\VOCS.PRO\data\8641021E\HuldooreganoR1.raw
Acquired: 18-Oct-21 06:23:12 PM **Printed:** 18-Nov-21 11:23 AM
Description: 864.10.21E\HuldooreganoR1 SRMAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvw_mth MS: acidos grasos uvw_EXP Page 3 of 11
Sample ID: 864.10.21E\HuldooreganoR1 SRMAP **Vial Number:** 12

PK #	RT	HR	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
21	11.022	1	Benzofuran, 2,3-dihydro-	883	628	408-16-2	replib
		2	Benzaldehyde, 2-methyl-	828	848	529-20-4	replib
		3	Benzaldehyde, 2-methyl-	825	898	529-20-4	replib
22	11.392	1	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	481	679	106-61-6	replib
		2	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	449	697	106-61-6	replib
		3	L-(+)-Threose	437	808	95-44-3	nist_nmm
25	11.647	1	3-Hexyne-2,5-diol, 2,5-dimethyl-	587	708	142-30-3	replib
		2	Geranyl acetate, 2,3-epoxy-	554	823	50727-95-2	replib
		3	Cyclohexanol, 3,3,5-trimethyl-	550	844	118-02-0	replib
24	11.732	1	2,7-Octadiene-1,5-diol, 2,6-dimethyl-	704	743	84142-78-5	replib
		2	Bulanic acid, 3-hexenyl ester, (E)-	877	897	53398-84-8	replib
		3	Bulanic acid, 3-hexenyl ester, (Z)-	878	872	18491-38-4	replib
25	12.393	1	Thymol	957	980	89-83-8	replib
		2	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	945	947	499-75-2	replib
		3	Thymol	935	943	89-83-8	replib
26	13.093	1	3-Cyclohexane-1-methanol, 4,4-trimethyl-, acetate	821	725	80-26-2	replib
		2	3-Cyclohexane-1-methanol, 4,4-trimethyl-, acetate	803	789	80-26-2	replib
		3	6-Terpinol	590	639	98-55-5	replib
27	13.423	1	Eugenol	865	784	97-53-0	replib
		2	Eugenol	861	785	97-53-0	replib
		3	trans-Isoeugenol	861	779	5932-88-3	replib
28	13.578	1	2-Cyclohexan-1-ol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, cis-	442	545	1197-06-4	replib
		2	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	431	458	2586-89-4	replib
		3	{1R,2S}-1,1'-(Bicyclopentyl)-2,2'-diol	422	504	63122-14-5	replib
29	14.793	1	Caryophyllene	833	838	87-44-5	replib
		2	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-	927	898	13877-83-5	replib
		3	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-[1R-(1R',4Z,9S')]-	928	942	118-85-0	replib
30	15.334	1	2-Hexadecanol	516	527	14852-31-4	replib
		2	Cycloundecanone	508	618	878-13-7	replib
		3	Octane, hexadecyl-	480	521	7390-81-0	replib

Inst[] ACQUISITION PARAMETERS
Over: Initial temp 50°C for 0 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Auto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-He, Retard Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 3.



Continuación del anexo 3.

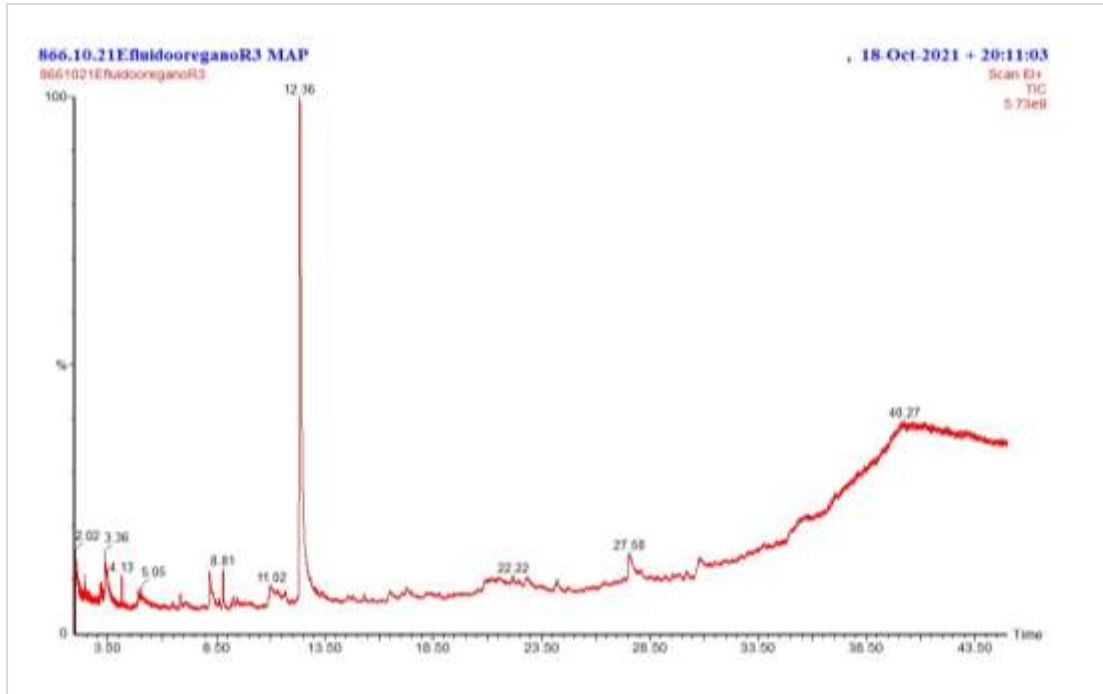
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TurboMass\SEM\VOCS.PRO\Data\8651021E\IulidooreganoR2.raw
Acquired: 18-Oct-21 07:17:08 PM **Printed:** 18-Nov-21 11:29 AM
Description: 865.10.21E\IulidooreganoR2.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos vng.mth MS: acidos grasos vng.EXP
Sample ID: 865.10.21E\IulidooreganoR2.SRM.MAP **Page 3 of 11**
Val Number: 13

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
21	11.712	3	1,2-Benzisoxazole, octahydro-2[2,3-C-(1-methylethyl)idene]-6-D-ribofuranosyl-, (3aR-cis)-	508	516	84018-82-8	replib
		1	2,7-Octadiene-1,5-diol, 2,6-dimethyl-	722	745	84142-78-5	replib
		2	3,7-Octadiene-2,6-diol, 2,6-dimethyl-	675	711	13741-21-4	replib
22	12.373	3	Butanoic acid, 3-hexenyl ester, (Z)-	666	676	16481-36-4	replib
		1	Thymol	986	989	89-83-8	replib
		2	Thymol	968	972	89-83-8	replib
23	12.848	3	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	968	970	499-75-2	replib
		1	Oleic Acid	545	548	112-80-1	replib
		2	1-Hexadecanol, acetate	542	555	629-70-0	replib
24	13.088	3	2-Hexadecanol	541	554	14852-31-4	replib
		1	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	581	682	90-89-5	replib
		2	3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexeno-1-yl)-	534	583	6901-97-0	replib
25	13.413	3	2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-	533	720	673-84-7	replib
		1	Eugenol	503	615	97-53-0	replib
		2	trans-Isoeugenol	491	644	5932-68-3	replib
26	14.773	3	trans-Isoeugenol	490	646	5932-68-3	replib
		1	Caryophyllene	786	817	87-44-5	replib
		2	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-	780	824	13877-93-5	replib
27	15.329	3	Caryophyllene	778	826	87-44-5	replib
		1	Ethanol, 2-(hexadecyloxy)-	608	674	2136-71-2	replib
		2	2-Hexadecanol	607	614	14852-31-4	replib
28	16.499	3	Cyclopropanecarboxylic acid, 2-oxyl-, methyl ester	585	589	10152-82-2	replib
		1	p-Tert-Butyl catechol	735	615	98-29-3	replib
		2	o-Methoxy-4,4-dimethylbenzyl alcohol	691	888	21022-73-1	replib
29	16.679	3	Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methoxyphenyl)-	661	847	705-15-7	replib
		1	Eicosanebioic acid, dimethyl ester	385	408	42235-38-1	replib
		2	Octadecanedioic acid, dimethyl ester	358	367	1472-93-1	replib
30	16.774	3	Dimethyl tetradecanedioate	356	377	5024-21-5	replib
		1	Androstane-11,17-dione, 3-[(trimethylsilyloxy)-, (3a,5a)-	448	459	5042-90-0	replib
		2	Δ-Linolenic acid, trimethylsilyl ester	436	457	97844-13-8	replib

Inst: ACQUISITION PARAMETERS
Over: Initial temp 50°C for 0 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Assay -250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier
Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 3.



Continuación del anexo 3.

Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TurboMass\SEM\VOCS.PRO\data\8661021E\IuldooreganoR3.Lraw
Acquired: 18-Oct-21 06:11:03 PM
Printed: 18-Nov-21 11:31 AM
Description: 866.10.21E\IuldooreganoR3.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mnh MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 866.10.21E\IuldooreganoR3.SRM.MAP
Page 6 of 11
Val Number: 14

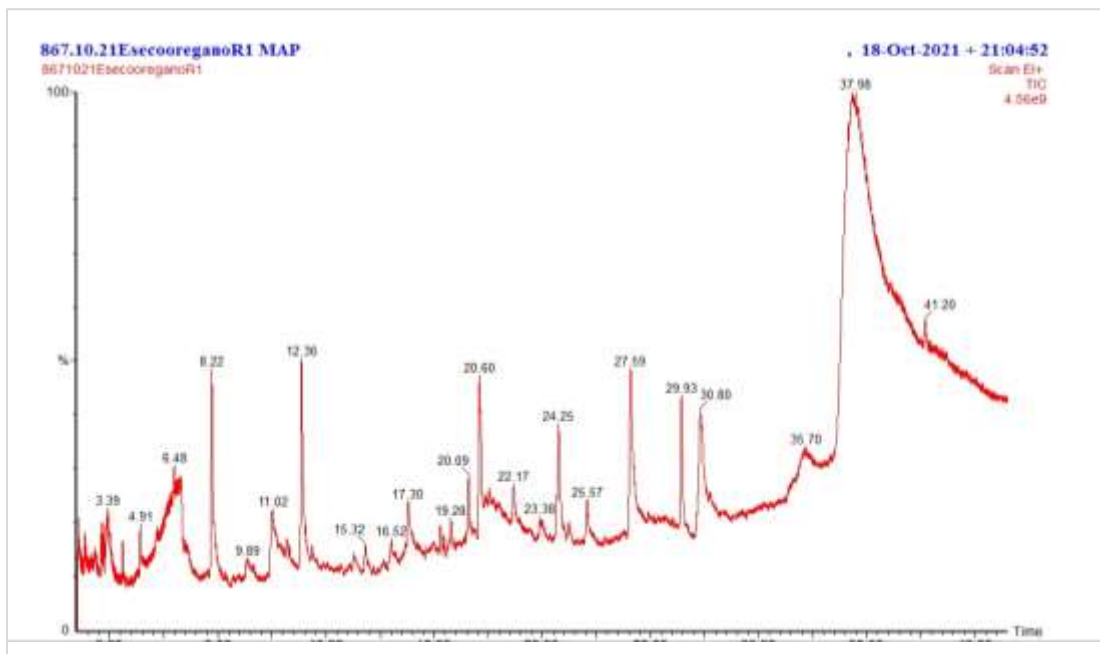
PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
		2	Decanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	447	632	56616-56-7	repito
		3	Heptadecanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	413	658	51883-36-4	repito
51	11.677	1	Butanoic acid, 3-hexenyl ester, (E)-	628	827	53368-84-8	repito
		2	2,7-Octadiene-1,6-diol, 2,6-dimethyl-	628	670	64142-78-5	repito
		3	Butanoic acid, 4-hexenyl ester, (Z)-	615	800	66727-41-0	repito
52	12.358	1	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylallyl)-	677	678	499-75-2	repito
		2	Thymol	675	669	66-83-6	repito
		3	Thymol	668	669	66-83-6	repito
53	13.078	1	3-Cyclohexene-1-methanol, &&4-trimethyl-, acetate	662	776	80-26-2	repito
		2	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylallyl)-	648	761	99-86-5	repito
		3	3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-	630	657	6901-67-0	repito
54	13.203	1	Naphthalene, 1,2-dihydro-1,5,8-trimethyl-	522	562	4506-36-0	repito
		2	Naphthalene, 1,2-dihydro-1,6-trimethyl-	470	617	30364-38-6	repito
		3	Naphthalene, 1,2-dihydro-2,5,8-trimethyl-	451	604	30316-23-5	repito
55	13.403	1	trans-Isoeugenol	537	659	5932-68-3	repito
		2	trans-Isoeugenol	533	669	5932-68-3	repito
		3	Eugenol	529	637	97-53-0	repito
56	16.519	1	p-tert-Butyl catechol	711	612	98-29-3	repito
		2	t-Butylhydroquinone	652	709	1948-33-0	repito
		3	2,7-Dimethyloctadecane-3,5-diol-2,7	649	707	5929-72-8	repito
57	17.289	1	Octenoic acid, 1-methyltridecyl ester	493	594	55193-70-8	repito
		2	Thymidine	490	526	50-80-5	repito
		3	1,2-Benzoxazole, octahydro-2-[2,3-O-(1-methylallylidene)-4-D-ribofuranoyl]-, (3aR-cis)-	477	490	64016-62-8	repito
58	21.186	1	&D-Glucopyranose, 4-O-6-D-galactopyranosyl-	689	732	5865-86-2	repito
		2	D-Galactonic acid, γ-lactone	611	670	2782-07-2	repito
		3	Decanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	609	673	2277-23-8	repito
59	21.521	1	Retinoic acid, methyl ester	417	424	339-16-2	repito
		2	Retinol	404	418	66-26-8	repito
		3	Eicosanoic acid, dimethyl ester	396	411	42235-38-1	repito
60	21.741	1	6,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, trimethylsilyl ester	389	399	56259-07-5	repito

Inst1] ACQUISITION PARAMETERS
Overc: Initial Temp 50°C for 0 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Asmb-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Fuente: Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 4. **Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa para extracto seco de orégano a escala planta piloto**

Primero se presentan los cromatogramas de extracto seco de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en orden ascendente de número de repetición.



Continuación del anexo 4.

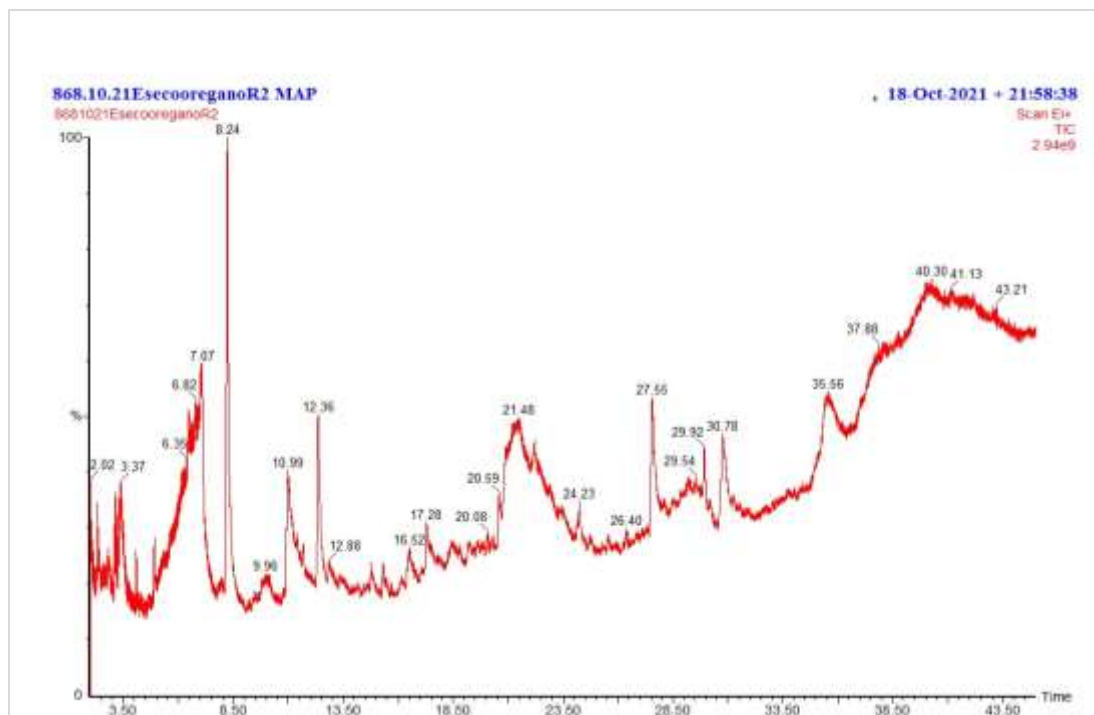
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TurboMass\SEMVOCS.PRO\data\8671021EsecoreganoR1.raw
Acquired: 18-Oct-21 09:04:52 PM **Printed:** 18-Nov-21 11:33 AM
Description: 867.10.21EsecoreganoR1.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mh MS: acidos grasos uvq.EXP **Page 4 of 11**
Sample ID: 867.10.21EsecoreganoR1.MAP **Vial Number: 15**

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
31	10.152	1	2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-yl, 1,3,3-trimethyl-, acetate	810	894	57709-05-2	replib
		2	Bicyclo[3.1.1]heptane-2,3-diol, 2,6,6-trimethyl-	541	644	53404-49-2	replib
		3	Cyclopentadecanone	502	557	502-72-7	replib
32	11.022	1	Benzofuran, 2,3-dihydro-	908	930	496-16-2	replib
		2	Benzaldehyde, 2-methyl-	854	900	529-20-4	replib
		3	Phthalan	854	872	496-14-0	replib
33	11.697	1	2,7-Octadiene-1,5-diol, 2,6-dimethyl-	745	778	64142-78-5	replib
		2	Ostrane, dodecyl-	695	763	3234-28-4	replib
		3	Phytol	694	714	150-86-7	replib
34	11.797	1	Acetophenone	811	911	98-86-2	replib
		2	1,2-Propanedione, 1-phenyl-	811	880	579-07-7	replib
		3	Benzoyl isothiocyanate	809	948	532-55-8	replib
35	12.362	1	Thymol	981	985	89-83-8	replib
		2	Thymol	972	978	89-83-8	replib
		3	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	969	970	499-75-2	replib
36	12.848	1	8-Octadecenoic acid, (E)-	576	611	112-79-8	replib
		2	Oleic Acid	576	579	112-80-1	replib
		3	Oleic Acid	575	607	112-80-1	replib
37	12.928	1	Tetradecanoic acid, 2-phenyl-1,3-dioxan-5-yl ester	344	349	56599-86-1	replib
		2	Benzanemethanamine, N,N-dimethyl-	315	482	103-83-3	replib
		3	β-D-Glucopyranose, 4-O-β-D-galactopyranosyl-	314	351	5965-66-2	replib
38	13.538	1	2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-yl, 1,3,3-trimethyl-, acetate	449	545	57709-05-2	replib
		2	Cyclopentadecanone	420	453	502-72-7	replib
		3	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	416	663	110-93-0	replib
39	14.773	1	Caryophyllene	757	825	67-44-5	replib
		2	Caryophyllene	756	787	67-44-5	replib
		3	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-[1R-(1R*,4Z,9S*)]-	751	812	118-85-0	replib
40	15.310	1	Cycloundecanone	680	758	878-13-7	replib
		2	3-Hexadecanal	657	659	14852-31-4	replib
		3	Cyclopentadecanone	656	692	502-72-7	replib

Inst: ACQUISITION PARAMETERS
OVEN: Initial temp 50°C for 0 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Iso/Temp -250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan 30 in 400Da, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 4.



Continuación del anexo 4.

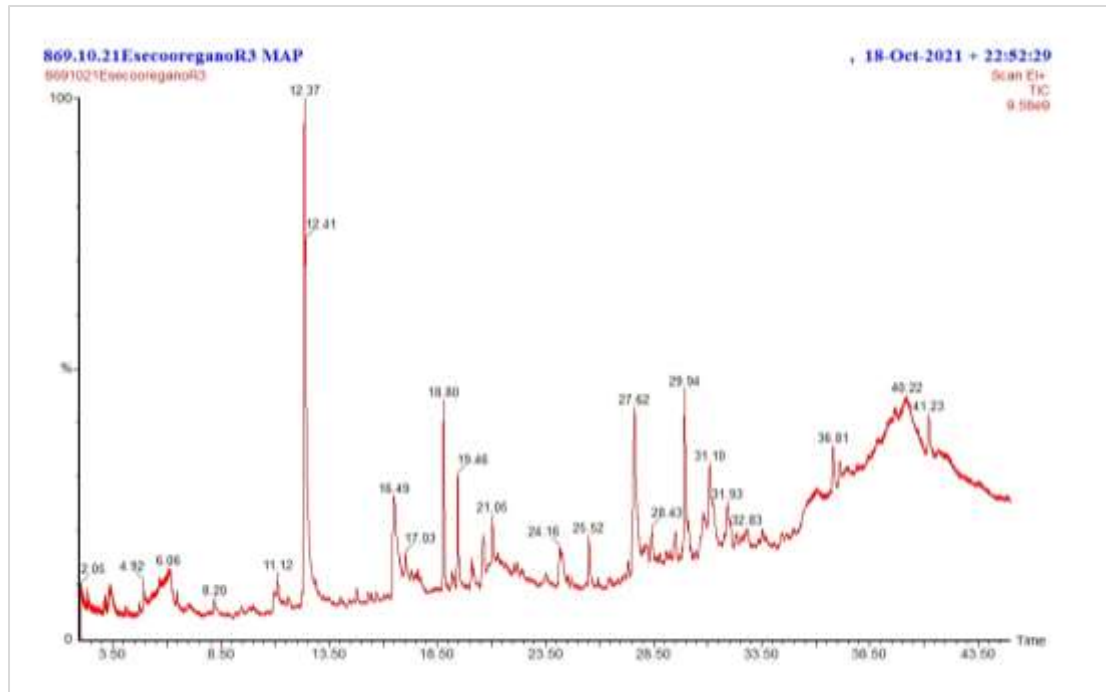
Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report

File: C:\TuboMass\SEM\VOCS.PRO\Datos\8681021EsecocoreganoR2.raw
Acquired: 18-Oct-21 09:58:38 PM **Printed:** 18-Nov-21 11:36 AM
Description: 868.10.21EsecocoreganoR2.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mh MS: acidos grasos uvq.EXP **Page 1 of 11**
Sample ID: 868.10.21EsecocoreganoR2.MAP **Val Number: 16**

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	CAS	Library
1	2.023	1	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	773	789	60-33-3	replib
		2	8-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	780	789	2777-58-4	replib
		3	Oleic Acid	787	810	112-80-1	replib
2	2.048	1	Dieldrin	255	255	60-57-1	replib
		2	Linoleic acid ethyl ester	245	245	644-35-4	replib
		3	12,15-Octadecadienoic acid, methyl ester	243	269	57156-07-5	replib
3	2.118	1	2-Furoic acid	433	709	88-14-2	nat_mama
		2	2-Furoic acid	430	988	88-14-2	nat_mama
		3	2-Furoic acid	420	948	88-14-2	nat_mama
4	2.269	1	Glyceraldehyde	852	934	56-82-6	replib
		2	Methanamine, N-hydroxy-N-methyl-	834	988	5725-06-2	replib
		3	Methanamine, N-methoxy-	781	809	1117-07-1	replib
5	2.319	1	2-Furanmethanol	951	978	98-00-0	replib
		2	2-Furanmethanol	950	978	98-00-0	replib
		3	2-Furanmethanol	931	973	98-00-0	replib
6	2.394	1	Pyrethrin II	342	384	121-29-0	replib
		2	5-Azulenemethanol, 1,2,3,8a,4,5,6,7-octahydro-8a,8,8a-tetramethyl-, [3S-(3a,5a,6,8a)]-	335	380	22451-73-6	replib
		3	Benzeneethanol, 4,4-dimethyl-	332	487	100-96-7	replib
7	2.509	1	4-Cyclopentene-1,3-dione	505	790	930-80-0	replib
		2	4-Cyclopentene-1,3-dione	482	851	930-80-0	replib
		3	3(2H)-Pyridazinone	408	750	504-30-3	replib
8	2.650	1	N,N-Dimethyltrimethylsilamine	481	680	2083-01-2	replib
		2	Silaneamine, 1,1,1-trimethyl-N-(2-phenylethyl)-	437	610	10433-33-7	replib
		3	Di-n-propyl ether	401	855	111-43-3	replib
9	2.704	1	Thiophene, tetrahydro-2-methyl-	360	553	1795-09-1	replib
		2	Ethambutol	343	514	74-55-6	replib
		3	Thiophene, tetrahydro-2-methyl-	334	554	1795-09-1	replib
10	2.824	1	Thiophene, tetrahydro-2-methyl-	654	727	1795-09-1	replib
		2	Hexanoic acid, 2-ethyl-, methyl ester	649	870	816-19-3	replib
		3	Undecanoic acid, 2-ethyl-, methyl ester	642	879	74810-80-9	replib

InstD ACQUISITION PARAMETERS
Overc: Initial temp 50°C for 8 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, Inj/Auto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 4000s, Column 30.0m x 250µm

Continuación del anexo 4.



Continuación del anexo 4.

Departamento de Toxicología, CCQQ y Farmacia, USAC
Library Search Report


File: C:\TurboMass\SEM\VOCS.PRO\data\8681021EsecocoreganoR2.iaw
Acquired: 18-Oct-21 09:58:38 PM
Printed: 18-Nov-21 11:36 AM
Description: 868.10.21EsecocoreganoR2.MAP
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 868.10.21EsecocoreganoR2.MAP
Page 5 of 11
Vial Number: 16

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	Rt.Match	CAS	Library
		2	2-Mercaptopropionic acid	477	808	79-42-5	replib
		3	Erythritol	464	630	149-32-6	replib
42	6.605	1	Pentanoic acid	641	646	109-52-4	nist_name
		2	Pentanoic acid	631	932	109-52-4	nist_name
		3	Acetic acid	618	612	64-19-7	nist_name
43	6.820	1	2-Butanethiol	681	751	513-53-1	replib
		2	Acetic acid	616	756	64-19-7	nist_name
		3	Butyrylacetic acid	603	640	2516-93-0	replib
44	7.070	1	2-Mercaptophenol	539	561	1121-24-0	replib
		2	Mollate	533	560	2212-67-1	replib
		3	1,3,5-Benzenetriol	523	533	106-73-6	replib
45	7.961	1	Cyclodecanone	585	643	1502-06-3	replib
		2	Cyclododecanone	588	618	3350-30-9	replib
		3	1-(3-Aminopropyl)-2-piperoline	567	615	25563-00-3	replib
46	8.236	1	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	654	675	28564-83-2	replib
		2	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	697	647	28564-83-2	replib
		3	Hexanoic acid, 2-acetyl-, ethyl ester	583	588	1540-26-0	replib
47	10.967	1	Benzofuran, 2,3-dihydro-	615	631	496-18-2	replib
		2	Benzaldehyde, 2-methyl-	672	610	529-20-4	replib
		3	Benzaldehyde, 3-methyl-	668	606	620-23-5	replib
48	11.407	1	Decanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	327	465	59618-58-7	replib
		2	Phe-His-Lys	319	553		nist_name
		3	Scopolamine	317	461	51-34-3	nist_name
49	11.507	1	Carbonic acid, bis(4-nitrophenyl) ester	351	355	5070-13-3	replib
		2	Shikinic acid	326	438	138-59-0	replib
		3	3-Methyl-4-nitro-5-(1-pyrazolyl)pyrazole	298	375	202655-40-6	replib
50	11.672	1	2,7-Octadecene-1,8-diol, 2,6-dimethyl-	709	740	64142-78-5	replib
		2	Ostrane, dodecyl-	656	734	3234-28-4	replib
		3	Ostrane, tetradecyl-	654	742	7320-37-8	replib
51	12.363	1	Tltymol	667	675	89-83-8	replib

Inst1] ACQUISITION PARAMETERS
Overc: Initial temp 50°C for 0 min, ramp 5°C/min to 250°C, hold 5 min, InjAuto-250°C, Volume-0 µL, Split-20:1, Carrier Gas-H₂, Solvent Delay-2.00 min, Transfer Temp-230°C, Source Temp-230°C, Scan: 30 to 400Da, Column 30.0m x 250µm

Fuente: Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 5. Análisis microbiológico de la biopelícula comestible con extracto fluido de orégano



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos
y Microbiológicos - LAFYM**
3a. Calle 6-47, Zona 1
Centro Histórico, Guatemala Ciudad
Tel: 2253-1319
Email: lafymusac@gmail.com

Empresa : PROYECTO DIGI B31-2021 Fecha de toma de la muestra : 29/09/2021 10:00
 N° de la muestra : 12429 (Protocolo firmado) Fecha de recepción : 01/10/2021 10:55
 Temperatura : Refrigeración Número de lote : BIOPELÍCULA EXTRACTO FLUIDO
 Muestra : ALIMENTO
 Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM

ALIMENTOS

ANÁLISIS	RESULTADO	Límites permitidos RTCA 8.3
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Recuento Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta Límites
Aislamiento e Identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10z UFC/g
Aislamiento e Identificación de <i>Salmonella</i> sp/25 g.	Ausencia	Ausencia
Aislamiento e Identificación de <i>Listeria monocitógenas</i> /25 g.	Ausencia	Ausencia

*Métodos de Referencia: BAM-FDA: Capítulos 4, 5, 10,12 APHA 5ta. ed: Capítulos 9, 35, 36, 39 PCR ANSER

Conclusión:
 La muestra recibida y analizada es satisfactoria en comparación con los límites recomendados en el RTCA.

Nomenclatura utilizada:
 UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo
 NMP/g Número Más Probable por gramo




Licda. Ana Rosales García, QB.
Identificación

Licda. Ana E. Rosales García
 QUÍMICA BIÓLOGA
 C.O.L. 2393

Este Resultado se refiere únicamente a la muestra analizada.
 El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), USAC.

Anexo 6. **Análisis microbiológico de la biopelícula comestible con extracto seco de orégano**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Laboratorio de Análisis Físicoquímicos
y Microbiológicos - LAFYM
3a. Calle 6-47, Zona 1
Cerro Histórico, Guatemala Ciudad
Tel: 2253-1319
Email: lafymusac@gmail.com

Empresa : PROYECTO DIGI B31-2021 N° de la muestra : 12431 (Protocolo firmado) Temperatura : Refrigeración Muestra : ALIMENTO Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM	Fecha de toma de la muestra : 29/09/2021 10:00 Fecha de recepción : 01/10/2021 10:57 Número de lote : BIOPELÍCULA EXTRACTO SECO
---	---


ALIMENTOS

ANÁLISIS	RESULTADO	Límites permitidos RTCA 8.3
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Recuento Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta Límites
Aislamiento e Identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10z UFC/g
Aislamiento e Identificación de <i>Salmonella sp/25 g</i>	Ausencia	Ausencia
Aislamiento e Identificación de <i>Listeria monocitógenas/25 g.</i>	Ausencia	Ausencia

*Métodos de Referencia: BAM-FDA: Capítulos 4, 5, 10,12 APHA 5ta. ed: Capítulos 9, 35, 36, 39 PCR ANSER

Conclusión:
Lla muestra recibida y analizada es satisfactoria en comparación con los límites recomendados en el RTCA.

Nomenclatura utilizada:
 UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo
 NMP/g Número Más Probable por gramo



Licda. Ana Estelita García, O.B.
Jefatura

Licda. Ana E. Rojas García
QUÍMICA BIÓLOGA
COL. 2323

Este resultado se refiere únicamente a la muestra analizada.
El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), USAC.

Anexo 7. Análisis microbiológico del chorizo con la aplicación de biopelícula comestible con extracto fluido de orégano



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM
3a. Calle 5-47, Zona 1
Centro Histórico, Guatemala Ciudad
Tel: 2253-1319
Email: lafymusac@gmail.com

Empresa : PROYECTO DIGI B31-2021
N° de la muestra : 12420 (Protocolo firmado)
Temperatura : Refrigeración
Muestra : ALIMENTO
Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM
Nota : BIOPELICULA EXTRACTO FLUIDO

Fecha de toma de la muestra : 29/09/2021 10:00
Fecha de recepción : 01/10/2021 10:46
Número de lote : CHORIZO

ALIMENTOS

ANÁLISIS	RESULTADO	Límites permitidos RTCA 8.3
Recuento Coliformes Totales	3.5 x 10 ⁶ UFC/g	No presenta límites
Recuento Coliformes Fecales	3.0 x 10 ⁵ UFC/g	No presenta Límites
Aislamiento e Identificación de <i>Escherichia coli</i>	3.0 x 10 ⁵ UFC/g	10 ² UFC/g
Aislamiento e Identificación de <i>Salmonella</i> sp/25 g.	Ausencia	Ausencia
Aislamiento e Identificación de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g.	Ausencia	Ausencia

*Métodos de Referencia: BAM-FDA: Capítulos 4, 5, 10,12 APHA Sta. ed. Capítulos 9, 35, 36, 39 PCR ANSER

Conclusión:
De la muestra recibida y analizada no se aislaron bacterias patógenas. Sin embargo la cuantificación de *E. coli* es mayor a los límites recomendados en el RTCA.

Nomenclatura utilizada:
UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo
NM/g Número Más Probable por gramo



Licda. Ana Rojas de García, QB.
Firma

Licda. Ana E. Rojas García
QUÍMICA BIÓLOGA
COL. 2323

Este resultado se refiere únicamente a la muestra analizada.
El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), USAC.

Anexo 8. **Análisis microbiológico del chorizo con la aplicación de biopelícula comestible con extracto seco de orégano**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Laboratorio de Análisis Físicoquímicos
y Microbiológicos - LAFYM
3a. Calle 6-47, Zona 1
Centro Histórico, Guatemala Ciudad
Tel: 2253-1319
Email: lafymusac@gmail.com

Empresa : PROYECTO DIGI B31-2021
N° de la muestra : 12421 (Protocolo firmado)
Temperatura : Refrigeración
Muestra : ALIMENTO
Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM
Nota : BIOPELÍCULA EXTRACTO SECO

Fecha de toma de la muestra : 29/09/2021 10:00
Fecha de recepción : 01/10/2021 10:48
Número de lote : CHORIZO

ALIMENTOS

ANÁLISIS	RESULTADO	Límites permitidos RTCA 8.3
Recuento Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Recuento Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta Límites
Aislamiento e Identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10 ² UFC/g
Aislamiento e Identificación de <i>Salmonella</i> sp/25 g.	Ausencia	Ausencia
Aislamiento e Identificación de <i>Listeria monocitógenes</i> /25 g.	Presencia	Ausencia

*Métodos de Referencia: BAM-FDA: Capítulos 4, 5, 10,12 APHA 9a. ed: Capítulos 9, 35, 36, 39 PCR ANSER

Conclusión:
De la muestra recibida y analizada se aislaron bacterias patógenas.

Nomenclatura utilizada:
UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo
NMP/g Número Más Probable por gramo



Licda. Ana Rosalva García, QB.
Jefatura



Este resultado se refiere únicamente a la muestra analizada.
El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), USAC.